

**AUTOMATIZACION E INSTRUMENTACION DE UNA MAQUINA DE
EMBALAJE DE BOTELLAS**

**MIGUEL ANTONIO JOLIANIS CALDERON
OMAR AUGUSTO GARCIA JIMÉNEZ**



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA
SECCIONAL BUCARAMANGA
2010**

**AUTOMATIZACION E INSTRUMENTACION DE UNA MAQUINA DE
EMBALAJE DE BOTELLAS**

**MIGUEL ANTONIO JOLIANIS CALDERON
OMAR AUGUSTO GARCIA JIMÉNEZ**

TRABAJO DE GRADO

**JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCÓN
DIRECTOR DEL PROYECTO**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA
SECCIONAL BUCARAMANGA
2010**

Nota de Aceptación

Firma de Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bucaramanga, Septiembre de 2010

Primero y antes que nada a Dios, por estar en cada paso que doy, por
Fortalecerme e iluminar mi mente,
y por aquellas personas que han sido de soporte
y compañía durante mi estudio.
Agradecer hoy y siempre a mis padres Armando Jolianis y
Betty Calderón por enseñarme a trabajar
por mis sueños y seguir adelante por esa meta tan anhelada y por encaminar
mi vida hacia el respeto y los valores.
A mis hermanas que en medio de sus bromas, todo el tiempo me
apoyaron con alegría para cumplir mi meta.

Miguel Antonio Jolianis Calderón

A Dios por ser esa luz que guía el camino de mi vida, por estar junto a mí en los momentos difíciles, por darme la vida, la salud, la oportunidad de crecer, de obtener sabiduría y conocimientos para lograr y alcanzar mis metas.

A mis padres por brindarme la educación regida en principios, valores y respeto. Los cuales son los pilares principales para poder servir a la sociedad, por apoyarme y colaborarme económicamente durante mis estudios para lograr el título de ingeniero electrónico.

Omar Augusto García Jiménez

AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Juan Carlos Villamizar y Leidy Olarte, por su constante acompañamiento, orientación y apoyo en el desarrollo de este proyecto.

A todas esas personas que de una u otra manera fueron un apoyo incondicional para el desarrollo y terminación del proyecto.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Realizar la automatización e instrumentación de una máquina de embalaje de botellas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Construir el transportador de cajas de botellas
- Construir el transportador de botellas
- Realizar un diseño general de una máquina de embalaje de botellas
- Diseñar una pinza para ubicar las botellas dentro de la caja.
- Diseñar una pinza para sacar las botellas de la caja y ubicarlas en la banda respectiva.
- Construir y ensamblar la máquina de embalaje de botellas.
- Realizar el control de las bandas por medio de un PLC.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MAQUINA DE EMBALAJE.....	2
2.1 DEFINICIÓN.....	2
2.2 NIVELES DE EMBALAJE.....	2
2.3 TIPOS DE EMBALAJE.....	3
2.4 FUNCIONES DEL EMBALAJE.....	4
2.4.1 Función de Protección.....	4
2.4.2 Función de Simplificación de Uso.....	4
2.4.3 Función de Estimulación de Compra.....	5
3. ELECTRO NEUMÁTICA.....	6
3.1 ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS NEUMÁTICOS.....	6
3.2 VENTAJAS DE LA NEUMÁTICA.....	7
3.3 DESVENTAJAS DE LA NEUMÁTICA.....	7
3.4 RENTABILIDAD DE LOS EQUIPOS NEUMÁTICOS.....	7
3.5 PRODUCCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO.....	7
3.5.1 Tipos de Compresores.....	8
3.6 ELEMENTOS NEUMÁTICOS DE TRABAJO.....	8
3.7 CLASES DE CILINDROS NEUMÁTICOS.....	10
3.7.1 Cilindros de Simple Efecto.....	10
3.7.2 Cilindros de Doble Efecto.....	11
3.8 ELEMENTOS DE DISTRIBUCIÓN.....	13
3.8.1 Simbología de válvulas Distribuidoras.....	13
3.8.2 Válvulas distribuidoras.....	13
3.9 SIMBOLOGIA DE LOS ELEMENTOS NEUMÁTICOS.....	16
4. ELEMENTOS MECÁNICOS.....	20
4.1 TORNILLO SIN FIN.....	20
4.2 PIÑONES.....	20
4.3 CADENA.....	21

4.4 EJE.....	22
4.5 RODAMIENTO.....	23
4.5.1 Tipos de Rodamiento.....	23
5. ACTUADORES ELÉCTRICOS.....	24
5.1 MOTORES DC.....	24
5.2 SOLENOIDES.....	25
6. SENSORES.....	26
6.1 FINAL DE CARRERA.....	26
6.2 SENSORES INFRARROJOS.....	26
7. DISEÑO DE LA MÁQUINA DE EMBALAJE.....	29
7.1 DISEÑO DE BANDA DE BOTELLAS.....	29
7.2 DISEÑO DE BANDA DE CAJAS.....	30
7.3 DISEÑO CAJA DE BOTELLAS.....	31
7.4 DISEÑO DE MÁQUINA DE EMBALAJE.....	32
7.5 DISEÑO DE LA PINZA.....	33
8. CONTROLADORES DE AUTOMATIZACION PROGRAMABLE (PAC).....	34
8.1 CONCEPTO.....	34
8.2 CONTROLLOGIX.....	35
8.3 FUENTE DE ALIMENTACION 1756-PA75.....	36
8.4 MÓDULO ETHERNET 1756-EN2T.....	36
8.5 MÓDULO DE E/S CONTROLLOGIX.....	37
8.6 STRATIX 8000.....	37
9 ANALISIS DEL PROYECTO.....	38
9.1 ASPECTOS POSITIVOS.....	38
9.2 ASPECTOS POR MEJORAR.....	38
9.3 FUTURAS AMPLIACIONES.....	39
RECOMENDACIONES.....	40
CONCLUSIONES.....	41
BIBLIOGRAFÍA.....	42
ANEXOS.....	49

LISTA DE TABLAS

Tabla.1	Componentes del motor DC.....	24
Tabla.2	Tipos de Sensor.....	28
Tabla.3	Características del Controlador 756.....	40

LISTA DE FIGURAS

Fig.1	Producto.....	2
Fig.2	Caja.....	3
Fig.3	Contenedor.....	3
Fig.4	Pallet.....	3
Fig.5	Saco.....	4
Fig.6	Bandeja.....	4
Fig.7	Protección del Producto.....	4
Fig.8	Producto Instantáneo.....	5
Fig.9	Embalaje.....	5
Fig.10	Estructura de los Sistemas Neumáticos.....	6
Fig.11	Compresor de Aire.....	8
Fig.12	Motor Neumático.....	9
Fig.13	Cilindro Neumático.....	9
Fig.14	Partes del Cilindro.....	10
Fig.15	Cilindro de Simple Efecto con Muelle.....	10
Fig.16	Cilindro de Simple Efecto sin Muelle	11
Fig.17	Cilindro de Doble Efecto.....	11
Fig.18	Superficie Efectiva en el Avance.	12
Fig.19	Válvula (2/2).....	14
Fig.20	Válvula (3/2).....	15
Fig.21	Válvula (4/2).....	15
Fig.22	Válvula (5/2).....	15
Fig.23	Tornillo sin fin.....	20
Fig.24	Rueda Dentada.....	20
Fig.25	Partes de la Cadena.....	21
Fig.26	Cadena.....	22
Fig.27	Eje.....	22
Fig.28	Rodamiento de Bolas.....	23

Fig.29 Motor DC.....	24
Fig.30 Rotor-Estator.....	24
Fig.31 Solenoide.....	25
Fig.32 Relé.....	26
Fig.33 Led Infrarrojo.....	27
Fig.34 Usos de los Sensores Infrarrojos.....	27
Fig.35 Banda Transportadora de Botellas Diseñada en Solid Edge.....	30
Fig.36 Banda Transportadora de Botellas (construida).....	30
Fig.37 Motor RM2.....	31
Fig.38 Circuito Inversor de Giro.....	32
Fig.39 Banda Transportadora de Cajas Diseñada en Solid Edge.....	33
Fig.40 Transportadora de cajas (construida).....	33
Fig.41 Circuito inversor de giro de motor túnel.....	35
Fig.42 Caja Diseñada en Solid Edge	35
Fig.43 Caja Construida	35
Fig.44 Maquina de Embalaje Diseñada en Solid Edge.....	36
Fig.45 Maquina de Embalaje construida.....	36
Fig.46 Circuito inversor de motor puente.....	37
Fig.47 Conexión de los finales de carrera al PLC.....	37
Fig.48 Pinza Diseñada en Solid Edge.....	38
Fig.49 Pinza construida.....	38
Fig.50 ControlLogix Estándar.....	39
Fig.51 Fuente de alimentación 1756-PA75.....	41
Fig.52 1756-EN2T.....	41
Fig.53 Modulo de salidas digitales 1756-OW1.6I.....	42
Fig.54 Modulo de entradas digitales 1756-IB16.....	42
Fig.55 Stratix 8000.....	42
Fig. 56 Actuador lineal neumático sin vástago.....	43

LISTA DE ANEXOS

Anexo A.	PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	50
Anexo B.	PLANOS DE LA MAQUINA DE EMBALAJE.....	55
Anexo C.	PLANO ELECTRICO.....	82
Anexo D.	CONTROL DE FLUJO DE LINEA.....	84
Anexo E.	CARACTERISTICAS DE LAS ELECTROVALVULAS.....	86
Anexo F.	CILINDRO DOBLE EFECTO.....	92
Anexo G.	RACORES.....	97
Anexo H.	SENSOR INFRARROJO.....	100
Anexo I.	SILENCIADORES Y CONTROL DE FLUJO.....	104
Anexo J.	SOLENOIDES.....	106
Anexo K.	PROTOCOLO DE OPERACIÓN.....	108
Anexo L.	P&ID.....	118
Anexo M.	PLANO NEUMATICO.....	120
Anexo N.	PROGRAMACION EN LENGUAJE LADDER.....	122

GLOSARIO

- ❖ **EMBALAJE:** es todo aquello que acompaña y protege al producto intrínseco desde el momento de la producción hasta el momento del consumo.
- ❖ **PALLET:** Plataforma o bandeja construida de tablas, donde se apila la carga que posteriormente se habrá de transportar
- ❖ **PALETIZADO:** Operación que consiste en colocar material en un pallet a fin de que pueda ser apilado y elevado o arrastrado por una carretilla eléctrica.
- ❖ **BIELA:** En las máquinas, barra que sirve para transformar el movimiento de vaivén en otro de rotación, o viceversa.

RESUMEN

TITULO: AUTOMATIZACIÓN E INSTRUMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA DE EMBALAJE DE BOTELLAS

AUTOR(ES): MIGUEL ANTONIO JOLIANIS CALDERÓN
OMAR AUGUSTO GARCÍA JIMÉNEZ

FACULTAD: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DIRECTOR(A): JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCÓN

El objetivo de este trabajo de grado es la automatización e instrumentación de una máquina de embalaje de botellas a escala, la cual tiene como función realizar la extracción de botellas de la caja al iniciar el proceso donde son llevadas de forma automática por una pinza a la banda transportadora de botellas la cual se encarga de enviar las botellas de forma ordenada para ser extraídas de la banda por una pinza, la cual de forma automática inserta las botellas ordenadas en la caja al final del proceso. Para controlar las variables de entrada y salida se implementó el sistema de control con un PAC ControlLogix, el cual cumple con las necesidades de la máquina en cuanto a entradas y salidas. Para realizar el control de la máquina, se desarrolló un programa con respecto al software Rslogix5000 y luego se usó para programar el PLC; el cual realiza un control ON/OFF para controlar los actuadores del sistema como son los motores, solenoides, electroválvulas. Para lograr construir esta máquina se tuvieron que realizar diferentes cursos virtuales del SENA tales como SOLID EDGE y Aplicación de la tecnología neumática en el diseño de procesos automatizados de producción, los cuales brindaron la información necesaria para continuar con el proyecto.

Palabras Clave_ Automatización, Embalaje, PLC, Actuadores, SOLID EDGE, Neumática

VºBºDIRECTOR DE TABAJO DE GRADO

ABSTRACT

TITLE: AUTOMATION AND INSTRUMENTATION OF A BOTTLE PACKAGING MACHINE

AUTHOR(S): MIGUEL ANTONIO JOLIANIS CALDERÓN
OMAR AUGUSTO GARCÍA JIMÉNEZ

DEPARTAMENT: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DIRECTOR: JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCÓN

The aim of this work is the automation level and implementation of a packaging machine at bottles, which are to conduct the removal of bottles from the box to start the process where they are taken automatically by a clamp to Bottle conveyor belt which takes care of sending the bottles in an orderly fashion to be drawn from the band clamp, which automatically inserts the bottles arranged in the box at the end of the process. Variables to control entry and exit control system implemented with a PAC ControlLogix, which meets the needs of the machine in terms of inputs and outputs. To control the machine, developed a software program with respect to the PLC which performs a control ON / OFF to control the system actuators such as motors, solenoids, solenoid valves. In order to build this machine had to perform different virtual SENA courses such as Solid Edge and Application of pneumatic technology in the design of automated production processes, which provided the information necessary to continue the project.

Keywords_ Automation, Packaging, Drives, SOLID EDGE, Pneumatic.

VºBºTHESIS DIRECTOR

1. INTRODUCCION

La automatización de procesos industriales se originó en el año 1968 por Ford y General Motors quienes plantean las especificaciones que debe cumplir un controlador electrónico programable o PLC para ser realmente útil en la industria. Este proyecto tendrá como objetivo programar el PLC para controlar un proceso secuencial de las fases inicial y final de una embotelladora. La finalidad de este proyecto, es la construcción de una máquina de embalaje de botellas a escala para el laboratorio de automatización.

La función de esta máquina es realizar la extracción de botellas de la caja al iniciar el proceso donde son llevadas de forma automática por una pinza a la banda transportadora de botellas, la cual se encarga de transportar las botellas de forma ordenada para ser extraídas de la banda otra pinza, que a su vez, de forma automática inserta las botellas ordenadas en la caja al final del proceso. Este proyecto ayudará al estudiante del laboratorio de automatización de procesos industriales, a realizar prácticas de laboratorio por medio de la programación en el software rslogix5000 y el PAC (controlador de automatización programable) ControlLogix, de esta manera el estudiante puede observar el funcionamiento de la máquina y así mejorar su habilidad como programador de PLC.

Por medio del control automatizado se garantiza mayor productividad, calidad, reducción de costos, reducción en la intervención humana, lo cual minimiza la probabilidad de error y accidentes.

En este documento se encuentra información de neumática básica que resultó de mucha ayuda para realizar el dimensionamiento de los cilindros, electroválvulas y controles de flujo.

2. EMBALAJE

2.1 DEFINICION

El embalaje es un procedimiento en el que se usa un recipiente o envoltura que protege al producto desde su producción hasta su consumo. Este recipiente contiene productos de manera temporal principalmente para agrupar unidades de un producto pensando en su manipulación.

El proceso se realiza extrayendo las botellas de forma ordenada de un recipiente para transportar las botellas a otra banda transportadora, la cual se encarga de transportar y ordenar las botellas, estas serán extraídas ordenadamente para ser insertadas en el recipiente.

Ejemplo:

Producto: Líquido

Envase: Botella

Recipiente: Caja

Embalaje: Caja llena de botellas

Las empresas implementan dispositivos electrónicos para automatizar el proceso con el fin de aumentar la eficiencia del proceso y disminuir riesgos en el personal de producción.

El objetivo del embalaje es contener y proteger los productos (impermeabilidad, higiene y adherencia) durante su almacenamiento, comercialización y distribución. [1]

2.2 NIVELES DE EMBALAJE

- **Nivel Primario:** Es aquel que tiene contacto directo con el producto, también llamado envase primario, este envase puede ser desechado o retornado al lugar de origen. [2]



Fig. 1 Producto [31]

- **Nivel Secundario:** Suelen ser cajas de diversos materiales que agrupan productos envasados para formar una unidad de carga, de almacenamiento o de transporte mayor. Puede tratarse de pequeñas cajas de cartoncillo, o de cajas de cartón ondulado de diversos modelos y muy resistentes. Muchas veces su función es la de atraer al consumidor ya que permite operaciones gráficas y plásticas.



Fig. 2 Caja [32]

- **Nivel Terciario:** Agrupa varios embalajes secundarios utilizando pallet y contenedores, este nivel es el que recibe el nombre específico de embalaje.



Fig. 3 Contenedor [33]



Fig. 4 Pallet [34]

2.3 TIPOS DE EMBALAJES

- Bandejas
- Box pallet
- Cajas plegables o rígidas de cartón o plástico (madera, plástico, dispensadora de líquidos, etc....)
- Cesta
- Estuche
- Film plástico
- Plato agrícola

- Saco de papel o yute.
- Contenedores [1]



Fig. 5 Saco [35]



Fig. 6 Bandeja [36]

2.4 FUNCIONES DEL EMBALAJE

2.4.1 Función de Protección: La función de protección de los productos se realiza con el fin de protegerlos contra el tiempo, para el transporte y para las variaciones externas manteniendo las condiciones del producto con embalajes refrigerados y con sistemas de control de presión interior. Con la finalidad de conservar las características del producto por el mayor tiempo posible. [3]



Fig. 7 Protección del Producto [37]

2.4.2 Función de Simplificación de Uso: La función de simplificación de uso se realiza para dar facilidad de manejo del producto, versatilidad del uso del producto permitiendo llevar el producto del refrigerador al horno microondas y nuevos usos del producto para que se utilice en actividades que no se consideraron en su diseño original. [4]



Fig.8 Producto instantáneo [38]

2.4.3 Función de Estimulación de Compra: La función de estimulación de compra tiene como finalidad la comunicación y estimulación que se clasifican en:

- **Atracción de compra:** debe mostrarse al cliente un embalaje atractivo donde se observe su calidad y sus características, incitando a su compra.
- **Diferenciación:** se debe hacer un embalaje que sobresalga ante los demás y sea diferenciable en forma diseño tamaño haciendo que el producto sea superior al de la competencia.



Fig.9 Embalaje [39]

3. ELECTRONEUMÁTICA

El término neumática se define como la técnica que utiliza el aire comprimido para transmitir energía. Viene del término griego “pneuma” que significa soplo o aliento. Las primeras aplicaciones de la neumática se dieron en el año 2500 a.C donde se aplicaba para los muelles de soplado. Las primeras aplicaciones del aire comprimido para la industria fueron en el siglo XIX, construyendo herramientas neumáticas como el martillo neumático, tubos de correo neumáticos. [5]

3.1 ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS NEUMATICOS

Flujo de la señales: De abajo hacia arriba

Cadena de mando: Principio S P A Sensor, Procesador, Actuador
Principio E V A Entrada, Procesamiento, Salida

Alimentación de energía: Por tubo flexible o tubería

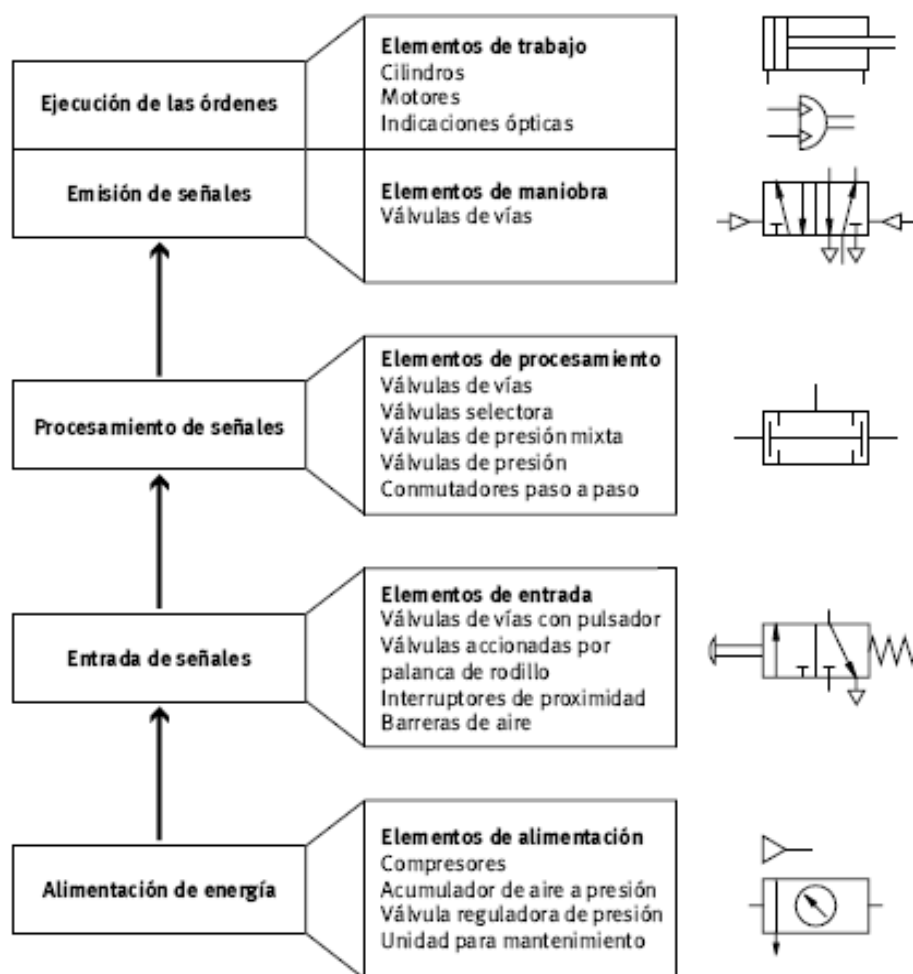


Fig. 10 Estructura de los Sistemas Neumáticos [40]

3.2 VENTAJAS DE LA NEUMÁTICA

- El aire es abundante e ilimitado.
- Se comprime fácilmente.
- Se puede almacenar fácilmente.
- El aire es una energía limpia.
- No tiene propiedades explosivas por lo que no existen riesgos de incendio.
- Cambios instantáneos de sentido.
- Los cambios de temperatura no afectan en forma significativa. [6]

3.3 DESVENTAJAS DE LA NEUMATICA

- Se generan altos niveles de ruido por la descarga de aire hacia la atmósfera.
- Se producen pérdidas de carga considerables En circuitos muy extensos.
- Requiere de instalaciones especiales para recuperar el aire previamente empleado.
- Las presiones a las que trabajan normalmente, no permiten aplicar grandes fuerzas.

3.4 RENTABILIDAD DE LOS EQUIPOS NEUMÁTICOS

Muchas veces el aire comprimido ha reemplazado la fuerza de trabajo manual por consecuencia de la automatización y racionalización.

Ejemplo: Traslado de paquetes, accionamiento de palancas, transporte de piezas etc.

El aire comprimido es una fuente cara de energía, aunque ofrece excelentes ventajas como por ejemplo la producción y acumulación de aire comprimido, aunque su distribución a las máquinas y dispositivos neumáticos supone gastos elevados. Puede pensarse que utilizar aparatos neumáticos se relaciona con costos muy elevados.

Esto no es exacto, pues al hacer el cálculo de la rentabilidad hay que tener en cuenta, no sólo el costo de energía, sino también los costos que se producen en total. Si se hace un análisis detallado, se obtiene que el costo energético es despreciable junto a los salarios, costos de adquisición y costos de mantenimiento. [7]

3.5 PRODUCCION DEL AIRE COMPRIMIDO

La presión atmosférica es una presión muy baja como para ser utilizada en los circuitos neumáticos. Es necesario disponer de aire a presiones altas, para obtener lo que se conoce como aire comprimido. El elemento que cumple con

la función de elevar la presión del aire se denomina compresor. De esta forma podemos definir como compresor a una máquina que toma el aire en unas determinadas condiciones y lo impulsa a una presión mayor a la de entrada. El compresor para poder realizar este trabajo de compresión debe tomar la energía de un motor eléctrico.

Es importante que el aire con el que se va a trabajar sea puro para que el generador tenga una larga vida útil. [8]



Fig.11 Compresor de Aire [41]

3.5.1 Tipos de Compresores: Hay dos tipos básicos de compresores: El primer tipo de compresor actúa por el principio de desplazamiento. La compresión se obtiene por la captación de aire en un recinto hermético, el cual reduce su volumen. Se implementa en el compresor de émbolo (oscilante o rotativo).

El segundo trabaja bajo el principio de la dinámica de fluidos. El aire es absorbido por un lado y es comprimido como consecuencia de la aceleración de la masa (Turbina).

3.6 ELEMENTOS NEUMÁTICOS DE TRABAJO

La energía del aire comprimido se transforma por medio de cilindros y de motores neumáticos, los cilindros realizan un movimiento lineal de tipo vaivén, y los motores neumáticos realizan movimiento de giro.



Fig.12 Motor Neumático [42]

La función de los actuadores neumáticos es la de transformar la energía del aire que se encuentra acumulada en energía mecánica mediante un movimiento lineal o de vaivén. Este tipo de actuador neumático se denomina cilindro neumático. [5]



Fig.13 Cilindro Neumático [43]

El cilindro es un tubo de sección circular constante, cerrado por ambos extremos, en cuyo interior se desliza un émbolo solidario con un vástago que atraviesa uno de los fondos. El émbolo divide al cilindro en dos volúmenes llamados cámaras. Existen dos aberturas en las cámaras por donde puede entrar y salir el aire.

La capacidad de trabajo de un cilindro viene determinada por su carrera y su diámetro.

Carrera: Desplazamiento que efectúa el émbolo en el interior del cilindro. De ella depende la longitud (L) de desplazamiento del vástago.

Diámetro: el diámetro determina la superficie del émbolo. A mayor diámetro del émbolo mayor será la fuerza que ejerce el vástago ya que:

$$F = P \cdot S = P \cdot \pi \cdot D^2 / 4$$

Donde:

- F = fuerza ejercida por el vástago (N)
- P = presión del aire (Pa)
- D = diámetro del émbolo (m)
- S = superficie

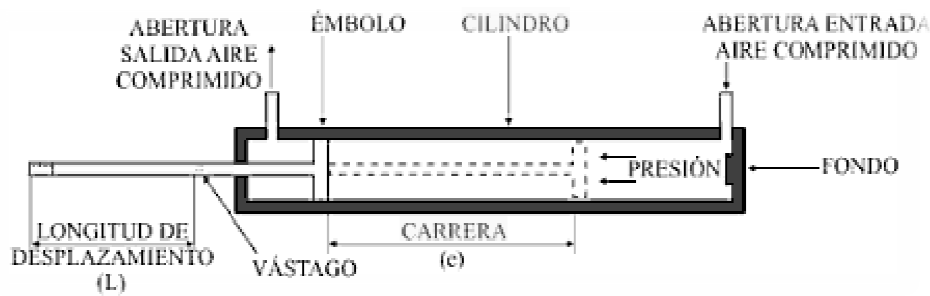


Fig.14 Partes del Cilindro [44]

3.7 CLASES DE CILINDROS NEUMÁTICOS

3.7.1 Cilindros de Simple Efecto: El cilindro de simple efecto tiene una sola conexión de aire comprimido. El desplazamiento del cilindro tiene lugar en un solo sentido que es el del avance por lo tanto sólo puede realizar trabajos en este sentido. El retorno del vástago se realiza mediante la incorporación de un muelle en el interior del cilindro; este resorte se calcula de modo que haga regresar el émbolo a su estado inicial a una gran velocidad.

El muelle incorporado en los cilindros de simple efecto limita la carrera del cilindro, por esta razón la longitud de la carrera no sobrepasa los 100mm de longitud. [5]

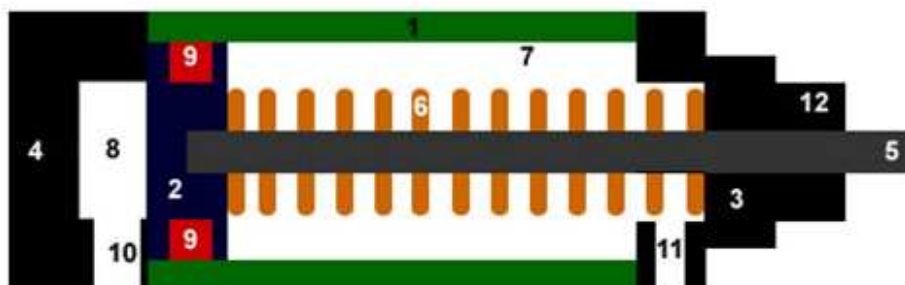


Fig. 15 Cilindro de Simple Efecto con Muelle [45]

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1. Camisa | 7. Cámara anterior |
| 2. Émbolo | 8. Cámara posterior |
| 3. Culata delantera | 9. Juntas |
| 4. Culata trasera | 10. Vía |
| 5. Vástago | 11. Fuga |
| 6. Muelle | 12. Casquillo-guía |

Existen cilindros de simple efecto que no tienen incorporado el muelle, por esta razón el cilindro debe ubicarse en posición vertical para que el retroceso se realice por el propio peso del vástago y el émbolo.

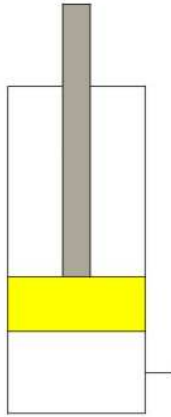


Fig. 16 Cilindro de simple Efecto sin Muelle [46]

En los cilindros de Simple Efecto Existen ventajas y desventajas; por este motivo es aconsejable conocerlo.

Una desventaja es que si comparamos un cilindro de simple efecto con otro cilindro de doble efecto que dispongan de las mismas características, el consumo de estos cilindros será igual a la mitad. Otra desventaja es que al tener un muelle en su interior, el vástago no puede realizar recorridos superiores a los 110 mm. Otra desventaja es que cuanto más recorrido tenga el cilindro de simple efecto más fuerza debe ejercer el muelle. Entre los cilindros de simple efecto destacan los telescópicos (tienen más carrera) y los de membrana (no tienen rozamientos). **[9]**

3.7.2 Cilindros de Doble Efecto: Los cilindros de doble efecto tienen dos entradas de aire una a cada lado del émbolo. Debido a sus dos entradas de aire se puede producir movimientos en ambos sentidos los cuales son avance y retroceso

La carrera de los cilindros de doble efecto no se limita tanto como en los cilindros de simple efecto. La única limitante es la posición de pandeo o doblado del vástago en su posición extrema.

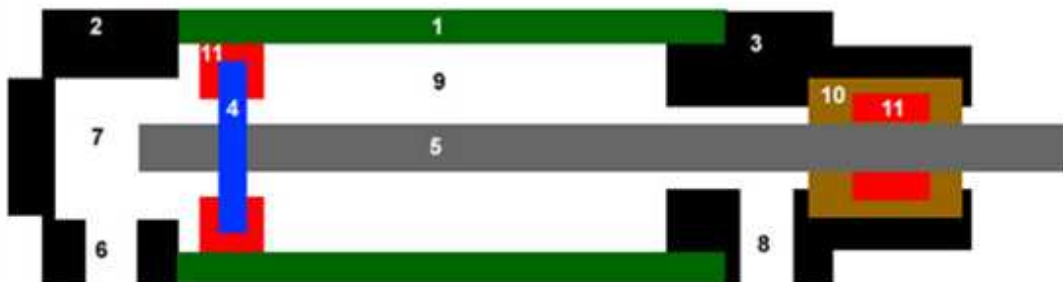


Fig. 17 Cilindro de Doble Efecto [47]

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1. Camisa | 7. Cámara posterior |
| 2. Culata posterior | 8. Vía |
| 3. Culata anterior | 9. Cámara anterior |
| 4. Émbolo | 10. Guía |
| 5. Vástago o Pistón | 11. Juntas |
| 6. Vía | |

Cuando en los cilindros de doble efecto la velocidad de avance como la de retroceso son muy grandes, se utilizan dispositivos especiales para amortiguarlos finales de carrera para evitar choques bruscos y daños. A los cilindros de doble efecto que disponen de esta amortiguación se les conoce con el nombre de cilindros con amortiguación interna.

Los cilindros de doble efecto tienen la característica de no tener en el avance la misma fuerza efectiva que en el retroceso.

Esto se demuestra observando en el avance que la superficie efectiva es mayor a la del retroceso ya que en el avance la presión que actúa sobre la superficie efectiva que en este caso es la del émbolo, mientras que en el retroceso la presión que actúa sobre la superficie efectiva que en este caso es la del émbolo menos la del vástago. [9]

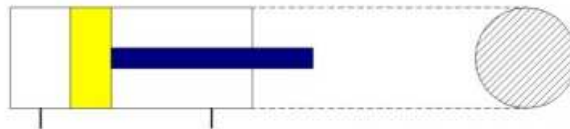


Fig. 18 Superficie Efectiva en el Avance. [48]

De esta forma la fuerza en el avance se puede obtener:

$$F = P \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

La fuerza en el retroceso será:

$$F = P \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$$

Donde:

F = fuerza efectiva

D= diámetro del émbolo

P = Presión de trabajo

d= diámetro del vástago

$$A_e = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \text{área de la superficie útil del émbolo}$$

$$A_a = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \text{área de la superficie efectiva del vástago}$$

Los cilindros de doble efecto son los más utilizados en la industria, ya que presentan las siguientes ventajas:

- Desarrollan trabajo en ambos sentidos.
- Al no tener muelle no hay pérdida de esfuerzo.
- La carrera tanto en el avance como en el retroceso corresponde a toda la longitud del cilindro.

3.8 ELEMENTOS DE DISTRIBUCIÓN

Las válvulas de distribución son componentes que determinan que tomara la corriente de aire, principalmente en marcha y paro. Estas válvulas tienen varios orificios llamados vías, las cuales determinan el camino que debe seguir el fluido bajo presión para efectuar operaciones tales como puesta en marcha, dirección, paro, etc.

Estas válvulas pueden tener entre dos, tres, cuatro y cinco vías que corresponden a las zonas de trabajo y a la aplicación que se dará a cada una de ellas. [10]

3.8.1 Simbología de Válvulas Distribuidoras: Para poder representar las válvulas distribuidoras se utilizan símbolos los cuales nos ayudan a tener la información del sentido de circulación el cual se indica mediante flechas que se insertan en cada cuadro, las conexiones entrada de aire comprimido y la salida si es libre o con escape. [11]

El número de posiciones que adopta la válvula distribuidora se representan por medio de cuadros.

La designación de las diferentes vías se realiza de la siguiente forma:



Válvula 5 vías y 2 posiciones (5/2)

- La conexión del aire a presión se designa por la letra P.
- Las diferentes conexiones de trabajo se designarán por las letras A, B, C, D...
- Los orificios destinados a la purga del aire se designarán con las letras R, S, T....
- Las conexiones de control o accionamiento se designarán con las letras Z, Y, X.

3.8.2 Válvulas distribuidoras: A continuación se explican los tipos de válvulas

- **Válvula 2/2:** Es la válvula distribuidora más elemental. Tiene dos orificios o vías para el paso del aire y dos posiciones de trabajo. Tiene exclusivamente dos posiciones: cerrada o abierta.

Funcionamiento: En el caso de NC esta válvula deja pasar el aire de P a A; al ser accionada y luego, al soltarla, impide el paso tanto del que proviene de P, como del que salió por A; en el caso de NA la explicación es lo contrario a la anterior. Por esta razón, no se utiliza para gobierno de cilindros como válvula distribuidora principal, pero sí realiza funciones auxiliares, como bloqueos, derivaciones para otras válvulas, etc. [12]

El símbolo normalizado y su forma constructiva se muestran en la siguiente figura.

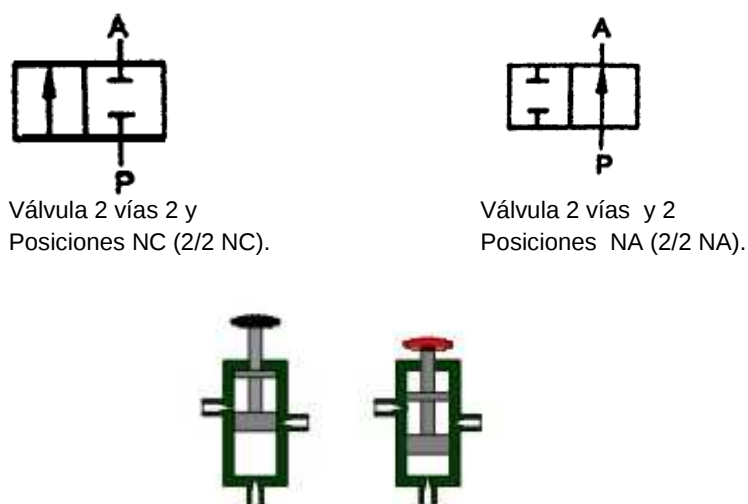


Fig. 19 Válvula (2/2) [49]

- **Válvula 3/2:** Funcionamiento: en el estado NC la válvula, al ser accionada, dejará circular el caudal de aire de P hacia A; al dejar de ser accionada dejará de circular caudal de aire de P hacia A.

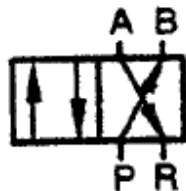




Fig. 20 Válvula (3/2) [50]

Esta válvula tiene aplicación en el mando directo del cilindro de simple efecto.

- **Válvula 4/2:** Funcionamiento: esta válvula, al estar accionada, dejará circular el caudal de aire de P hacia A y entrará un caudal de aire por B y saldrá por R; al dejar de estar accionada, el caudal de aire circulará de P hacia B y entrará un caudal por A y saldrá por R.



Válvula 4 vías y 2



Fig. 21 Válvula (4/2) [51]

Esta válvula tiene aplicación en el mando directo del cilindro de doble efecto.

- **Válvula 5/2:** Funcionamiento: esta válvula, al estar accionada, deja circular el caudal de aire de P hacia A y entrará un caudal de B hacia R; al dejar de accionarla, circulará un caudal de aire de A hacia S y de P hacia R.



Válvula 5 vías y 2 posiciones (5/2).



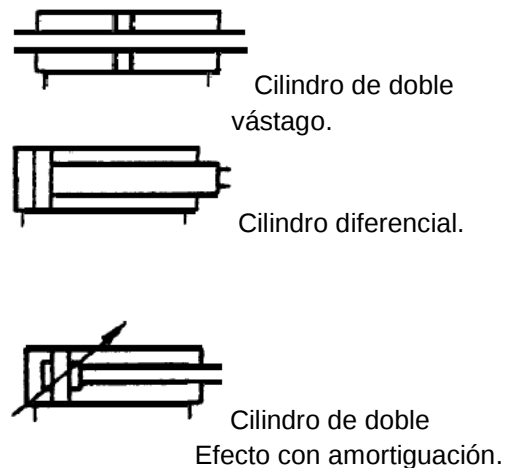
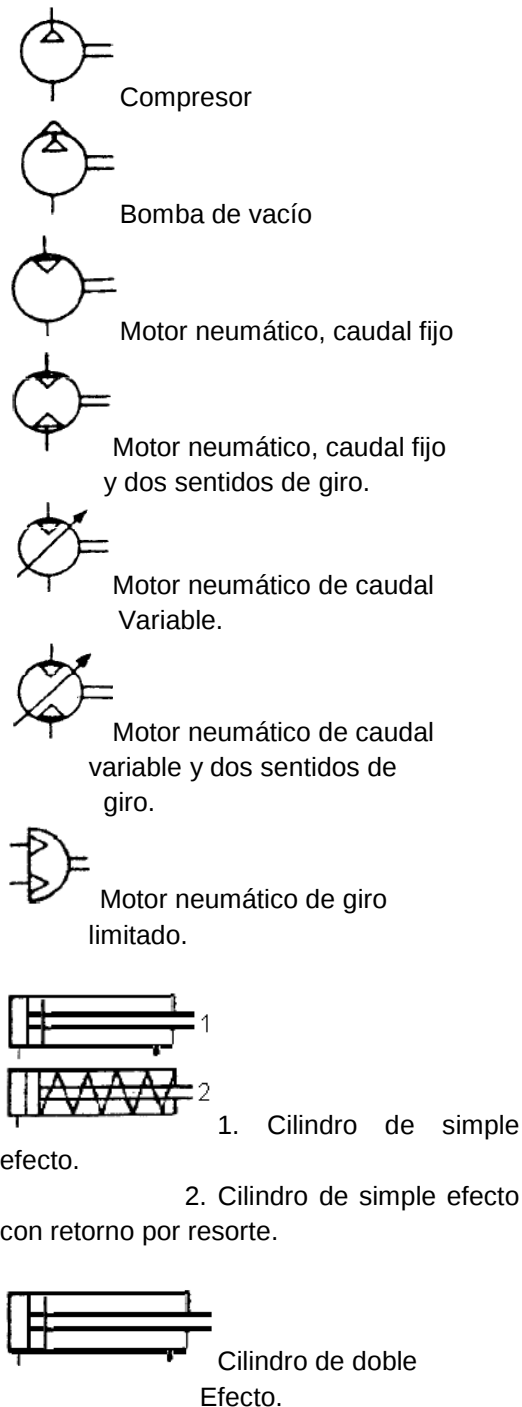
Fig. 22 Válvula (5/2) [52]

Esta válvula tiene aplicación en el mando directo del cilindro de doble efecto. Se diferencia de la válvula 4/2 porque tiene dos orificios de purga.

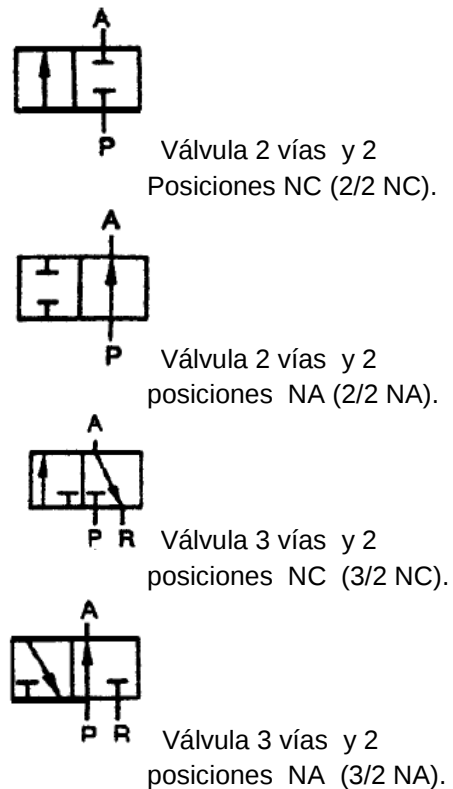
3.9 SIMBOLOGIA DE LOS ELEMENTOS NEUMATICOS

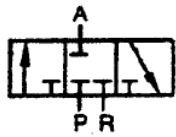
Los símbolos neumáticos están regidos por la norma **DIN/ISO 1219. [13]**

- Elementos transformadores de energía**

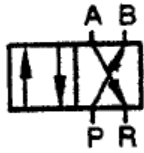


- Válvulas distribuidoras**

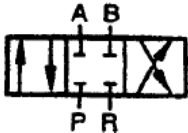




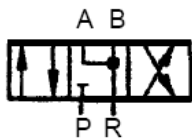
Válvula 3 vías y 3
Posiciones. Centro cerrado
(3/3).



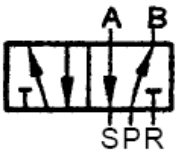
Válvula 4 vías y 2
Posiciones (4/2)



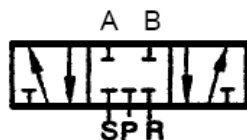
Válvula 4 vías y 3
Posiciones. Centro cerrado
(4/3).



Válvula 4 vías y 3
Posiciones, presión
Bloqueada y utilizaciones a
escape (4/3).



Válvula 5 vías y 2
posiciones (5/2).



Válvula 5 vías y
3 posiciones (5/2).

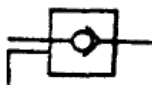
• Válvulas de bloqueo



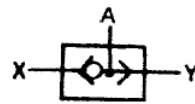
Válvula anti retorno



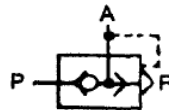
Válvula anti retorno con
muelle.



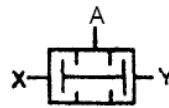
Válvula anti retorno
pilotada por aire.



Válvula selectora de
circuito o función "O".

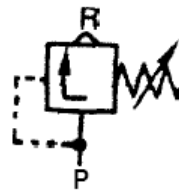


Válvula de escape rápido.

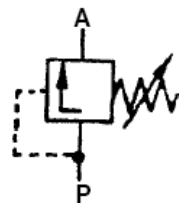


Válvula de simultaneidad,
de dos presiones, o
función "Y".

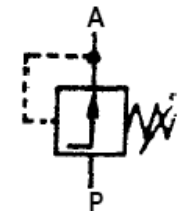
• Válvula de presión



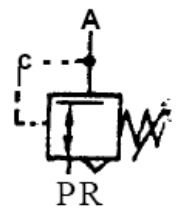
Válvula limitadora de
Presión.



Válvula de secuencia



Regulador de presión sin
escape.



Regulador de presión con
escape.

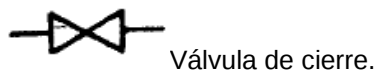
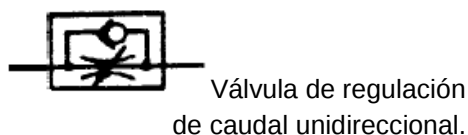
• Válvulas reguladoras de caudal



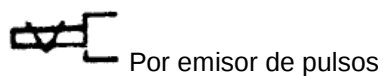
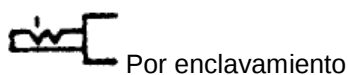
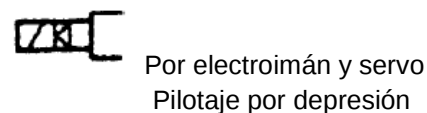
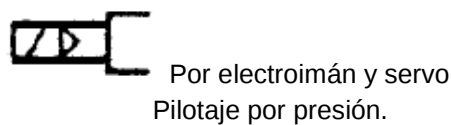
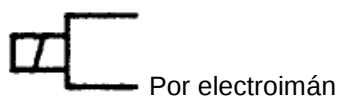
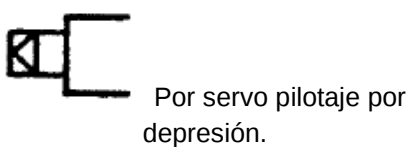
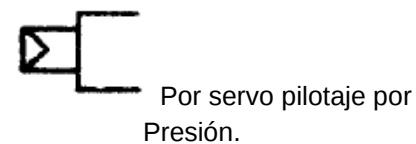
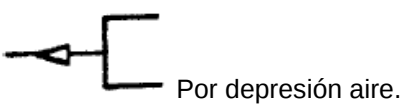
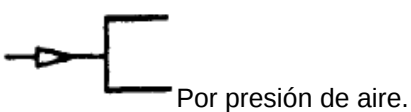
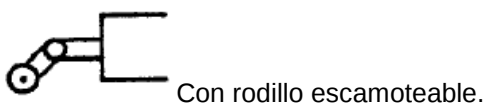
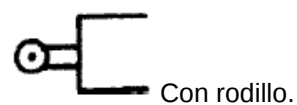
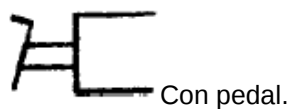
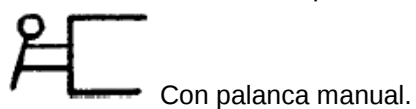
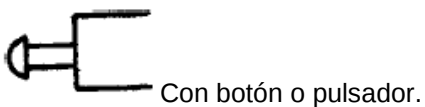
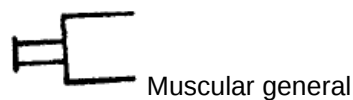
1. Válvula de
estrangulamiento fijo.



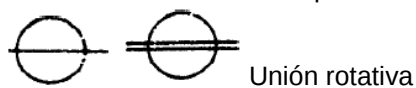
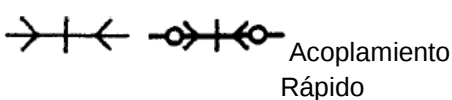
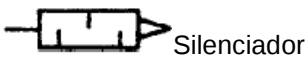
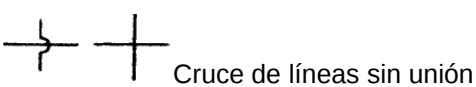
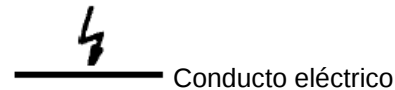
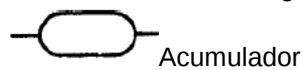
2. Válvula de
estrangulamiento variable.



• Accionamientos



• Conductos

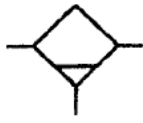


• Elementos de Mantenimiento





Filtro



Purgador de agua



Purgador neumático



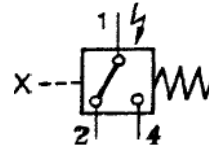
Filtro con purgador



Lubricador



Secador



Presostato

Denominaciones de conductos

A, B, C,... Ó	2, 4,6	Conductos de trabajo
P	ó 1	Alimentación de aire
R, S, T,... Ó	3, 5,7	Escapes
Z, X, Y,... Ó	12, 14,16	Conductos de Pilotaje.

4 ELEMENTOS MECANICOS

4.1 TORNILLO SIN FIN

Se considera una rueda dentada la cual posee un solo diente que se talla helicoidalmente. El tornillo sin fin debe estar acoplado al eje del motor, su función es realizar movimientos giratorios entre ejes perpendiculares que se cruzan, por lo que debe trabajar siempre en compañía de otro engranaje.



Fig. 23 Tornillo sin fin [53]

Las aplicaciones que tiene el tornillo sin fin son muy variadas: mecanismos cuenta revoluciones, reductor de velocidad acoplado a motores eléctricos, clavija de guitarras etc. [14]

4.2 PIÑONES

Es una rueda que tiene el perímetro totalmente cubierto de dientes. El tipo de dientes más común es el de dientes rectos (longitudinales), aunque existen de dientes curvos y oblicuos. [15]

Para obtener un correcto funcionamiento este debe estar acoplado a un eje mediante una unión desmontable que se denomina chaveta, la cual impide que el engranaje se desacople del eje.



Fig.24 Rueda Dentada [54]

Los engranajes se emplean para dos funciones básicas:

Modificar la velocidad o dirección, su sentido de giro, utilizando un movimiento giratorio entre dos ejes, acoplando varias ruedas entre sí (rueda dentada-linterna, tren de engranajes, sin fin piñón) o utilizando una cadena articulada (mecanismo cadena piñón).

Empleando mecanismos que unen la rueda dentada con la cremallera (sistema cremallera piñón), se obtienen movimientos giratorios en alternativos. Este montaje se emplea en cerraduras, juegos infantiles, microscopios, taladros sensitivos, sacacorchos, etc.

4.3 CADENA

La cadena es un objeto metálico el cual está construido por una serie de cojinetes lisos acoplados de forma precisa mediante placas de eslabones de conexión. La cadena tiene dos cojinetes: uno consta de un pasador y el otro consta de un casquillo. Los rodillos se acoplan al cojinete con casquillo de manera que puedan girar en la cadena.



Fig. 25 Partes de la Cadena [55]

Las cadenas se clasifican en cinco tipos:

- Cadena de hierro fundido
- Cadena forjada
- Cadena plástica
- Cadena de acero
- Cadena de acero de molde [16]

En la mecánica se distingue la cadena de transmisión, la cual sirve para transmitir el movimiento y la potencia de las ruedas o de un mecanismo a otro. Estas cadenas se caracterizan por tener libertad de movimiento sólo en una dirección y tienen que engranar de una forma precisa con los dientes de los piñones.

La cadena presenta ventajas e inconvenientes para los mecanismos de cadena piñón. Al utilizar cadena que se engranan con los dientes del piñón se evita el deslizamiento que se produce al utilizar correa, mantiene la relación de transmisión constante, así se pueden transmitir grandes potencias sin tener pérdidas, lo cual brinda una mayor eficiencia mecánica. Los rodamientos tienen una mayor vida útil ya que las cadenas no tienen que estar tan tensas como las correas. El inconveniente que representa usar cadena para los mecanismos cadena piñón es que el costo es mayor, genera mayor ruido y su funcionamiento es menos flexible por lo que no se puede utilizar para realizar una inversión del sentido de giro; tampoco permite realizar transmisión entre ejes cruzados; además para obtener un correcto funcionamiento de la cadena se necesita realizar constantemente una lubricación o engrase adecuado. [17]



Fig. 26 Cadena [56]

La separación que existe entre los rodillos de la cadena es llamado paso y está representado por la letra P, en la serie BS (British standart) existen los siguientes pasos: 3/8" (9,525mm), 1/2" (12,70mm), 5/8" (15,875mm), 3/4" (19,05mm), 1" (25,40mm), 1 1/4" (31,75mm), 1 1/2" (38,10mm), 1 3/4" (44,45mm) y 2" (50,80mm) que son los de uso más común. [18]

Para obtener una mayor resistencia a una mayor carga, se pueden colocar dos o tres hileras de cadenas iguales en paralelo.

4.4 EJE

El eje es un elemento constructivo destinado a guiar el movimiento de rotación de una pieza o de un conjunto de piezas, como una rueda o un engrane.

El eje puede estar sujeto (sin giro) o puede pertenecer a un sistema de rodamientos donde la pieza gira alrededor del eje.



Fig. 27 Eje [57]

4.5 RODAMIENTO

Los rodamientos son un conjunto de esferas que se encuentran unidas dentro de un anillo interior y otro exterior. Es un elemento mecánico que cumple la función de reducir la fricción entre un eje y las piezas que están conectadas a éste, por lo cual tiende a aumentar la vida útil de las piezas rotacionales brindando un control de la temperatura en los puntos de fricción.

Los rodamientos también se denominan cojinetes. Teóricamente, éstos no necesitan lubricación ya que ruedan sin deslizamiento dentro de una pista. La velocidad de giro de un eje nunca es constante, por lo que se produce una fricción en el rodamiento, lo que genera calor. Por esta razón debe lubricarse para que se cree una película lubricante entre las esferas y la pista. [19]

4.5.1 Tipos de Rodamientos: Rodamientos rígidos de bolas, rodamientos de una hilera de bolas con contacto angular, rodamiento de agujas, rodamiento de anillos cónicos, rodamiento de rodillos cilíndricos de empuje, rodamientos axiales de rodillos a rotula, rodamiento de rodillos cilíndricos, rodamientos de aguja de empuje, rodamientos axiales de bolas de simple efecto, rodamientos de rodillos a rótula. [20]



Fig. 28 Rodamiento de Bolas [58]

5 ACTUADORES ELÉCTRICOS

5.1. MOTORES DC

Los hay de distintos tamaños, formas y potencias pero todos se basan en el mismo funcionamiento. Para el accionamiento de un motor DC es necesario aplicar tensión de alimentación entre sus bornes. Para invertir el sentido de giro basta con invertir la alimentación entre sus bornes. [21]



Fig. 29 Motor DC [59]

Los motores DC, a diferencia de los motores paso a paso y los servomecanismos, no pueden ser posicionados. Estos simplemente giran a la máxima velocidad en el sentido que se alimenten. [22]

El motor DC está compuesto de dos piezas fundamentales: Rotor y estator, como se observa en la Fig. 30



Fig. 30 Rotor-Estator [60]

Dentro de estos se ubican los demás componentes, como se muestra en la siguiente tabla:

Rotor	Estator
Eje	Armazón
Núcleo y Devanado	Imán permanente
Colector	Escobillas y portaescobillas
	Tapas

Tabla. 1 Componentes del Motor DC

5.2. SOLENOIDES

Solenoides se define como un alambre enrollado en forma de hélice (bobina), que está hecho de un material conductor, para que al conducir una corriente eléctrica sobre este hilo se genere un fuerte campo magnético dentro del solenoide, y así se produzca un electroimán. [23]

Los solenoides se implementan para activar y desactivar electroválvulas, seguros de puerta, transmisiones automotrices, etc. [24]



Fig. 31 Solenoide [61]

6. SENSORES

6.1 FINAL DE CARRERA

Es un sensor de contacto o también conocido como interruptor límite, es un dispositivo eléctrico, neumático o mecánico. Se encuentra situado al final del recorrido de un elemento móvil. Este sensor está conformado por dos partes: la primera parte es un cuerpo donde se encuentran los contactos y la segunda parte contiene una cabeza que detecta el movimiento. [25]

Los finales de carrera se implementan en máquinas que realicen trayectorias fijas, que realizan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta, por ejemplo los ascensores, montacargas, robots, etc. [26]

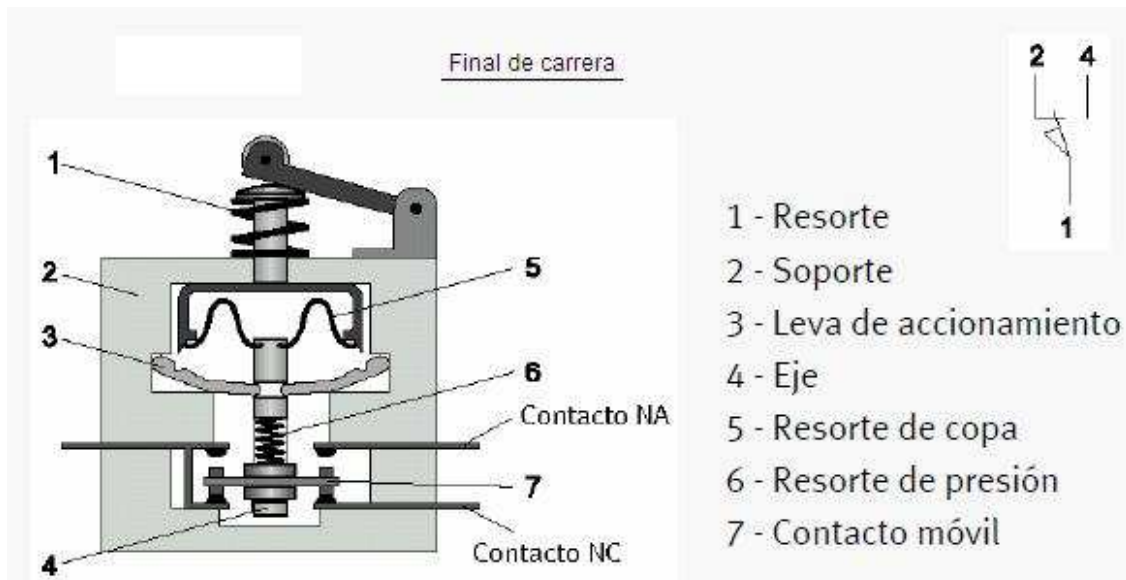


Fig. 32 Relé [62]

6.2 SENSORES INFRARROJOS

La radiación infrarroja es un tipo de radiación electromagnética que se encuentra entre la longitud de onda de las microondas y la longitud de onda de la luz visible; su frecuencia es menor que la de la luz visible y mayor que la de las microondas.

El elemento más usado para emitir radiación infrarroja es el LED. A diferencia de otros LED's, este emite una luz que no es visible para el ojo humano; sólo puede ser percibida por otros dispositivos electrónicos.



Fig. 33 Led Infrarrojo [63]

Los fototransistores o los fotodiodos se usan como receptores infrarrojos. Al obtener la señal se utiliza un sistema de acondicionamiento de señal el cual permite adaptar la señal para que el sistema la pueda entender.

Existen varias formas de utilizar un sensor infrarrojo:

- **Sensor infrarrojo de Barrera:** Esta configuración se acondiciona de tal forma que el diodo emisor se encuentre alineado frente de manera que el fotodiodo o al fototransistor detecte el haz de luz. Se debe establecer un área de detección donde se pueda detectar el objeto que va a interrumpir el haz de luz.
- **Sensor auto réflex:** Esta configuración se acondiciona de tal forma que el emisor como el receptor estén unidos y se ubiquen en la misma dirección. La luz infrarroja viaja en línea recta, cuando el objeto este frente al sensor la luz se reflejará y será enviada a el fotodiodo o el fototransistor y así se sensará el objeto.
- **Sensor réflex:** Esta configuración se acondiciona de la misma forma como en el sensor auto réflex, sólo que frente a este se ubicará un reflector catadióptrico para reflejar el haz de luz y así comportarse como el sensor infrarrojo de barrera. La ventaja que da esta configuración es que el cableado estará en el mismo lado. [27]

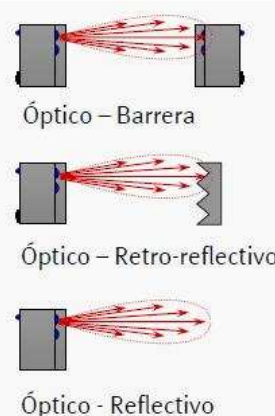


Fig.34 Usos de los Sensores Infrarrojos [64]

SENSOR INFRARROJO	DISTANCIA	APLICACIONES
Barrera	13 cm	Sistemas de seguridad Ascensores
Réflex	8 cm	Registradoras de Metrolínea Procesos de embotellado
Auto réflex	4 cm	Secadores de manos Carros seguidores de línea

Tabla.2 Tipos de Sensor

7. DISEÑO DE LA MÁQUINA DE EMBALAJE

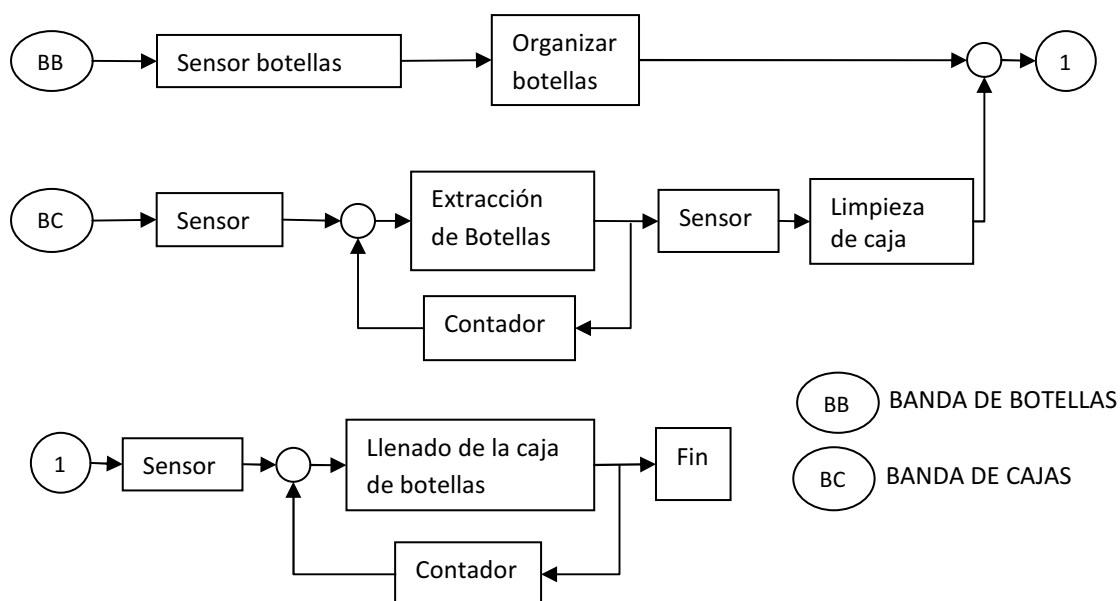


Fig. 35 Diagrama de Bloques del Proceso

En la figura anterior se observa el diagrama de bloques que ilustra el funcionamiento del proceso de la máquina de embalaje. Al activar el interruptor START en el gabinete de paso, se inicia el proceso energizándose únicamente la banda de cajas (BC) y botellas (BB); BC tiene 3 sensores a lo largo de su recorrido, cuando la caja alcanza el primer sensor, se detiene BC y da la orden de activación de la pinza, esta es la encargada de extraer las botellas de la caja hacia BB. Una vez terminado el proceso de extracción de las 9 botellas se energiza la BC y la caja continúa su recorrido hasta llegar al segundo sensor; en esta etapa se detiene BC para hacer una corta limpieza de la caja. Este procedimiento permite eliminar cualquier impureza que se encuentre en la caja, mediante el ingreso de la misma a un túnel, que se encargará de voltear la caja y posteriormente posicionarla de nuevo en la banda. Una vez hecha la limpieza y posicionada la caja, se energiza nuevamente BC hasta llegar al tercer sensor. La banda es detenida de nuevo, y en ese punto se realiza el embalaje de las botellas; la pinza inicia el transporte de las botellas que se encuentran encarriladas en BB hacia la caja.

En paralelo a esto, se realiza otro proceso en la banda de botellas. Cuando las 9 botellas de cada caja son ubicadas en BB, estas van entrando por un cono que se encarga de encarrillarlas. Continuando el recorrido, en la siguiente etapa se procede al embalaje, el cual se va realizando a medida que las botellas son extraídas por la pinza en grupos de 3. Estas son censadas por un infrarrojo auto réflex, que activa un contador y un retardo para posicionar las botellas en

sitios específicos separados por paletas, dando así los espacios necesarios para facilitar la extracción y posterior inserción en la caja de embalaje, la cual va a contener 3x3 botellas.

Según las distancias necesarias para el correcto funcionamiento del sistema, se empezó a trabajar en el diseño de la máquina de embalaje; para esto se utilizó el software SOLID EDGE, el cual permitió tener una idea de las cantidades necesarias de materiales y la estructura final del proyecto.

El arranque de los motores no necesita condiciones especiales, por lo tanto se realizó mediante arranque natural. La inversión de giro (fig. 36) se hace con paro previo, de esta manera se garantiza que los equipos acoplados a los motores, terminen los procesos que tengan que realizar.

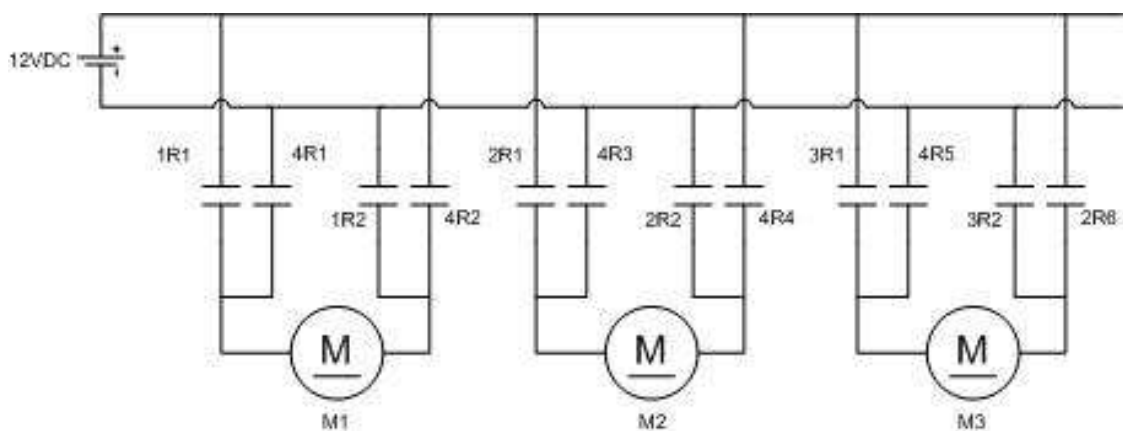


Fig. 36 Circuito Inversor de Giro [68]

Por medio de software RSLogix 5000 se garantiza la protección todos los motores que tengan inversión de giro evitando así un corto, impidiendo que se activaran al mismo tiempo 1R1 y 4R1 de M1, al momento de realizar la inversión de giro. En M1 inicialmente se activa 1R1 y 1R2, permitiendo así el giro hacia un sentido. Cuando se detiene el motor se inicia un timer para garantizar el paro del mismo y posteriormente se activara 4R1 y 4R2 invirtiendo la polaridad del motor generando la inversión de giro. De igual manera se realiza la inversión de giro para los motores M2 y M3.

7.1 DISEÑO DE BANDA DE BOTELLAS

Esta es la encargada de transportar botellas, y en ella se encarrilan para posteriormente ser extraídas por la pinza, provenientes de la caja de embalaje. Se diseñó una entrada en forma cónica, la cual permite que a medida que la banda avanza, las botellas se vayan organizando en fila. Se detectan por medio de un sensor infrarrojo autoreflex, para que puedan ser separadas en grupos de tres. Se realiza un conteo el cual a medida que incrementa su valor bloquea una sección de la banda con láminas de aluminio, acopladas a los motores DC 12v, impidiendo que se amontonen y garantizando que la pinza

solamente tome tres botellas a la vez por cada recorrido que realice. El diseño final de la banda se observa en la **Fig. 37**.

Las medidas de la banda son: 95.5cm largox20cm anchox25cm alto, las cuales se calcularon para que encajara con las demás estructuras. Para lograr un correcto funcionamiento de la maquina, los materiales seleccionados para la construcción fueron:

- Láminas de hierro y aluminio
- Ángulos de hierro de 2x2
- Dos ejes en acero inoxidable
- Un sensor infrarrojo
- Tres motores DC 12V, 15.500 rpm, 70mA sin carga, 1.2A atrancado y con un torque de 22 gr*cm
- Un motor DC 24V, 370 rpm, 2A nominal
- Dos piñones de 44 y 16 dientes
- Bujes de bronce
- Cadena y platinas las cuales son usadas para brindar estabilidad a la estructura de la banda de botellas.

A continuación se observaran las imágenes del diseño **Fig. 37** y de su resultado **Fig. 38**

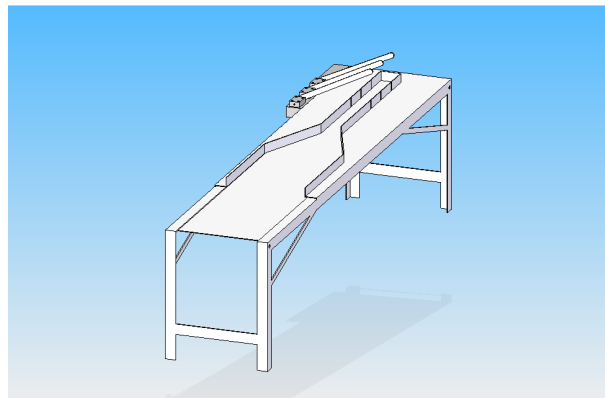


Fig. 37 Banda Transportadora de Botellas Diseñada en Solid Edge [65]



Fig. 38 Banda Transportadora de Botellas (construida). [66]

La selección del sensor infrarrojo auto réflex, está basada en varios criterios, esto debido a que es el sensor que más se acomodo a las exigencias tanto del material como de distancia. Primero que todo el material a censar era plástico y la distancia que existe entre el sensor y la botella es de 2.5cm. No se uso un sensor inductivo porque solo censa metales, un sensor capacitivo tiene una distancia de censado menor comparado con este, y el final de carrera debido a que el peso de las botellas es poco y la fuerza que ejerce sobre el eje del final de carrera no es la suficiente para activarlo.

Para realizar la selección del motor para esta banda transportadora se tuvieron en cuenta características como el voltaje del motor, la corriente, el torque, la velocidad y el tamaño.

Variables de la banda: La variable principal de la banda es el peso de la botella que transportará, en este caso será de 6 gramos por botella y se asumió el máximo peso que es el de las 18 botellas.

El valor obtenido es

Peso total= 18x6

Peso total= 108 gramos fuerza

Coeficiente de rozamiento acero-bronce $\mu=0.78$

Constante de torque

$$\tau = r \times F$$

$$\tau = 1 \times 10^{-2} \times 0.108 \times 9.8$$

$$\tau = 10.5 \times 10^{-3} Nm$$

Se midió la corriente de arranque con una carga de 0.57Kg

$$I_a = 0.4A$$

$$kt = \frac{49 \times 10^{-3}}{0.4}$$

$$Kt = 0.122 Nm/A$$

$$V = \frac{12V}{10 \times 10^{-3}} \times \frac{2\pi}{60}$$

$$V = 125.6 rad/s$$

$$F = 0.78 \times 0.108k$$

$$P = F.V$$

$$P = 0.084Kgf \times \frac{125.6rad}{s} = 10.6W$$

Relación de velocidad

$$D2 = \frac{16}{44} \times 125.6 = 45.5rad/s$$

$$\tau = \frac{P}{s} = 10.5 \times 10^{-3} \times 45.5 \quad P = 4.8mW$$

Se selecciono un motor de 24VDC a 2A con una velocidad de 370rpm

Para reducir la velocidad del motor se realizó por medio de la relación de piñones, donde el piñón principal tiene 16 dientes, y el piñón secundario tiene 44 dientes. Se hizo esta relación porque las necesidades del proyecto requerían que la banda tuviera una velocidad menor para que las botellas se puedan censar de una manera y organizar de manera adecuada.

La velocidad se puede calcular mediante la siguiente fórmula.

$N1 \times D1 = N2 \times D2$ Donde,

$N1$ = Número de dientes del piñón principal

$D1$ = velocidad del motor

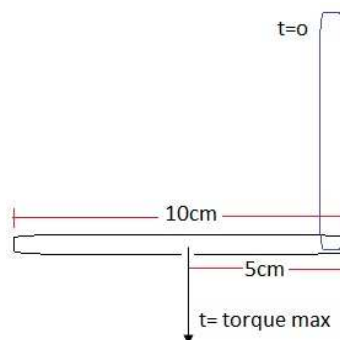
$N2$ = Número de dientes de la rueda secundaria

$D2$ = Velocidad secundaria

$$D2 = \frac{N1 \times D1}{N2}$$

$$D2 = 134rpm$$

Como se observa en la figura 36 se encuentran 3 motores acoplados a 3 paletas de aluminio. Para realizar la selección de estos motores se tuvo en cuenta el peso de la paleta el cual es aproximadamente de 8 gramos.



$$\tau = 8gr \times 5cm = 40gr.cm$$

Se buscó información sobre motores con respecto a sus características y se escogió el motor RM2 que cuenta con una alimentación de 12VDC, 15.500 rpm, 70mA sin carga, 1.2A atrancado, con un torque de 22 gm*cm y 3cm de largo por que se tuvo en cuenta la máxima dimensión de separación de las botellas dentro de la caja.



Fig. 39 Motor RM2 [67]

Por lo tanto teniendo en cuenta que el torque del motor esta a una corriente de 70mA este aumentara su torque si se le aumenta la fuerza acoplada al motor hasta 1.2^a que es la máxima corriente de carga.

El torque máximo se presenta cuando la paleta está totalmente horizontal ya el torque es igual a la distancia por la fuerza. A medida que la paleta sube se disminuye el torque proporcionalmente a la distancia respecto a el eje X hasta ser cero.

Para que estos tres motores cumplan con la necesidad de la máquina, deben realizar el movimiento de bajar la paleta y subir la paleta que se encuentra acoplada al mismo. Por lo tanto se implementó el circuito de potencia de inversión de giro.

7.2 DISEÑO DE BANDA DE CAJAS

La función de esta banda es transportar las cajas de embalaje, las cuales tienen dimensiones de 15cmx15cm. Esta banda posee 3 etapas, en las cuales hay un sensor tipo final de carrera. Cada uno cumple diferentes funciones las cuales son: En la primera etapa es donde llega la caja de embalaje que contiene las 9 botella, al pasar por el primer sensor la banda se detiene mientras una pinza realiza la extracción de las botellas hacia la banda de botellas. Una vez son extraídas las 9 botellas de la caja, la banda se energiza y la caja continúa su recorrido hasta llegar a la segunda etapa. En esta etapa la caja es sensada, y tras un lapso de tiempo ingresa a un túnel, es este momento se detiene nuevamente la banda de cajas. La función del túnel es hacer una corta limpieza a la caja eliminando cualquier tipo de impureza que se encuentre en ella. Esta limpieza se realiza girando inicialmente el túnel en sentido horario

por unos segundos, una vez termina, el motor hace una inversión de giro para regresar la caja de nuevo a la banda y continuar su recorrido hacia la tercera etapa. Finalmente la caja es sensada deteniéndose una vez más la banda de cajas, para poder realizar el embalaje de las botellas que se encuentran en la banda de botellas por medio de la pinza. El diseño final de la banda se observa en la **Fig. 41**.

Las medidas de esta banda son: 1.35m largox20cm anchox25cm alto, las cuales se calcularon para que encajara con las demás estructuras. Para lograr un correcto funcionamiento de la máquina, los materiales seleccionados para su construcción fueron:

- Láminas de hierro y acero
- Tubos de aluminio y sus ejes respectivos
- Ángulos de hierro de 2x2
- Dos ejes en acero inoxidable
- Tres finales de carrera
- Un motor reductor de 24VDC, 67rpm y una corriente de 2A.
- Un motor reductor AC 110V, 75 rpm, un torque de 25kgf.cm.
- Dos piñones de 22 y 16 dientes
- Cuero para la banda
- Bujes de bronce
- Cadena y platinas las cuales son usadas para brindar estabilidad a la estructura de la banda de botellas.

A continuación se observarán las imágenes del diseño **Fig. 40** y de su resultado **Fig. 41**.

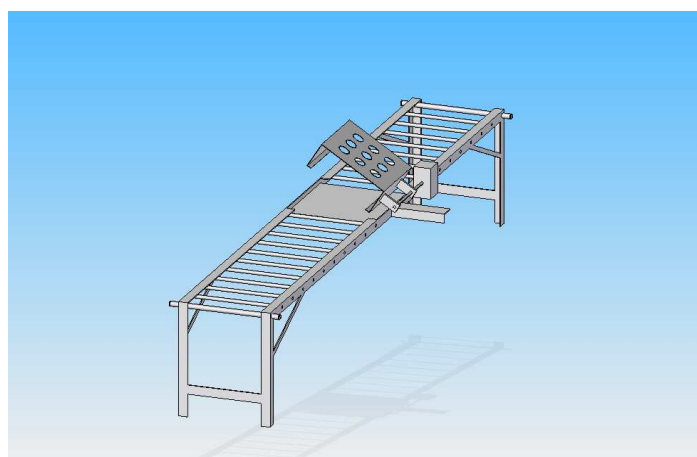


Fig. 40

Banda Transportadora de Cajas Diseñada en Solid Edge [69]

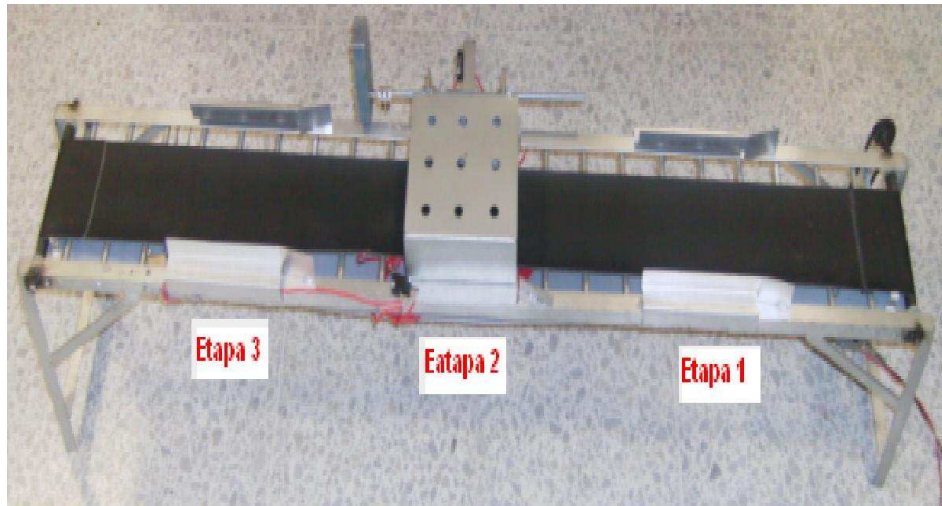


Fig. 41
Banda Transportadora de cajas (construida). [70]

Se seleccionaron finales de carrera para el sensado, debido a que no requería mucha exigencia para su localización y funcionamiento, y solo se necesitaba que la caja se detuviera en el sitio donde se localizo el mismo. Debido a que el peso de la caja era el apropiado para poder realizar la activación del eje del sensor, se seleccionó este, además por su versatilidad y economía.

Para realizar la selección de los motores para esta banda transportadora se tuvieron en cuenta características como el voltaje del motor, la corriente, el torque, la velocidad y el tamaño.

Variables de la banda: La variable principal de la banda es el peso de las cajas llenas de botellas que transportará, para este caso será de dos cajas llenas de botellas, donde cada botella tiene un peso de 6 gramos y cada caja tiene un peso de 253 gramos. Se asumió el máximo peso que es el de las dos cajas llenas de botellas.

El peso total es:

$$\text{Peso total} = 253 \times 2 + 6 \times 18$$

$$\text{Peso total} = 614 \text{ gramos}$$

Coeficiente de rozamiento acero-bronce $\mu = 0.78$

Constante de torque

$$\tau = r \times F$$

$$\tau = 1 \times 10^{-2} \times 0.614 \times 9.8$$

$$\tau = 60 \times 10^{-3} \text{ Nm}$$

Se midió la corriente de arranque con una carga de 0.57Kg

$$I_a = 0.4A$$

$$kt = \frac{49 \times 10^{-3}}{0.4}$$

$$Kt = 0.122Nm/A$$

$$V = \frac{12V}{10 \times 10^{-3}} \times \frac{2\pi}{60}$$

$$V = 125.6 \text{ rad/s}$$

$$F = 0.78 \times 0.614k \times 9.8$$

$$P = F.V$$

$$P = 4. \text{Kgf} \times \frac{125.6 \text{ rad}}{s} = 60.15W$$

Relación de velocidad

$$D2 = \frac{16}{22} \times 125.6 = 91.3 \text{ rad/s}$$

$$\tau = \frac{P}{s} = 60 \times 10^{-3} \times 91.3 \quad P = 5.5W$$

Se selecciono un motoreductor de 110VAC con una velocidad de 75rpm y un torque de 25kgf.cm ya que debe superar la potencia calculada para el peso de la banda.

Para reducir la velocidad del motor se realizó por medio de la relación de piñones, donde el piñón principal tiene 16 dientes, y el piñón secundario tiene 22 dientes. Esta relación se realiza con el fin de que la banda de cajas tenga una velocidad similar a la banda de botellas. La velocidad se puede calcular mediante la siguiente fórmula.

$N1 \times D1 = N2 \times D2$ Donde,

$N1$ = Número de dientes del piñón principal

$D1$ = velocidad del motor

$N2$ = Número de dientes de la rueda secundaria

$D2$ = Velocidad secundaria

$$D2 = \frac{N1 \times D1}{N2}$$

$$D2 = 55 \text{ rpm}$$

Para calcular el Torque del motor de la limpieza de la caja se tuvo en cuenta el peso de la caja que es de 253 gramos, más el peso de la carcasa que es de 220gr.

Peso total = 0.5kg.f

$P=0.5 \times 125.6=62.28W$

Cálculo del Torque:

$$P=24V \times 2A$$

$$P=48w$$

$$T= 48/67$$

$$T= 0.716 \text{ kgf.cm}$$

Se selecciono un motoreductor de 24VDC con una velocidad de 67rpm y una corriente de 2A.

Este motorreductor debe cumplir con la necesidad de la máquina que es girar hacia un sentido para voltear la caja y luego girar al sentido contrario para que la caja vuelva a su posición inicial, por lo tanto se usó el circuito de potencia de inversión de giro de un motor.

7.3 DISEÑO DE CAJA DE BOTELLAS

El diseño de la caja se realizó a partir de las dimensiones de la botella seleccionada como se observa en la Fig. 42, porque así permitía tener una visión de cómo iba a ser el tamaño de la caja que las iba a contener y del módulo de la máquina de embalaje.



Fig. 42
Botella Seleccionada para el proceso

Una vez seleccionada la botella se inicio la construcción de la caja de embalaje, cuyas dimensiones son 15cmx15cmx5cm. El material en el que se construyo fue pasta, al igual que sus respectivas divisiones internas para la ubicación de las botellas. La caja contiene en total 9 divisiones, las cuales cada una tiene forma de piramidal para garantizar que las botellas se encuentren siempre en el centro de cada una de las divisiones.

La función de la caja es la de proteger el envase o embalaje primario, garantizando así un transporte seguro. El resultado de las cajas se observa en la fig. 43.

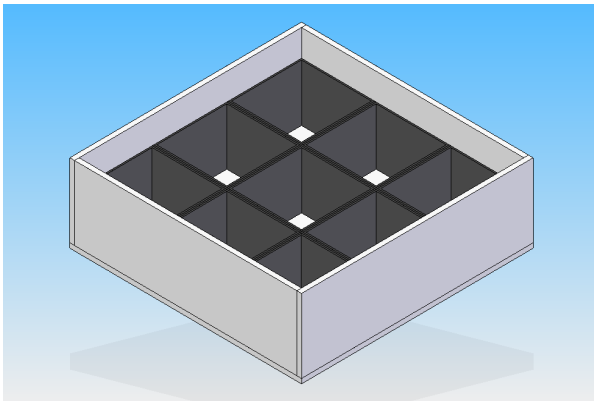


Fig.42 Caja Diseñada en Solid Edge [72]



Fig.43 Caja Construida [73]

7.4 DISEÑO DE LOS PUENTES

La función de estos puentes es permitir el desplazamiento de las pinzas a través de un carro que se encuentra montado en un tornillo sinfín; este tornillo va acoplado con unos prisioneros al eje del motor; que al igual que otros utilizados en el proceso, poseen inversión de giro (Fig. 36), puesto que transportan botellas ya sea extrayéndolas o embalándolas.

Para realizar las diferentes paradas que tiene que realizar el carro de la pinza, se ubicaron 4 sensores tipo finales de carrera en cada uno de los puentes. Estos sensores van distribuidos de la siguiente manera: Un sensor esta exactamente ubicado en la parte central sobre la banda de botellas, puesto que en este punto es donde se colocan o extraen las botellas. Los otros 3 finales de carrera están ubicados sobre la banda de cajas con una separación exactamente igual a las divisiones de la caja de embalaje, permitiendo así que la pinza posicione de forma correcta las botellas dentro de la caja. La distribución de los sensores se hizo de igual forma para ambos puentes.

Para que la altura de los puentes fuera la adecuada, se tuvieron en cuenta las siguientes medidas:

- Altura de la caja= 5 cm
- Altura de las bandas= 25 cm
- Altura del carro que tiene acoplado el cilindro= 7.5 cm
- Medida del cilindro totalmente estirado= 35 cm
- Los 2.5cm faltante se encuentran en la suma de las arandelas, junto a una distancia de separación que tiene el carro del puente.

Las medidas finales de los puentes son: 62cm largox20cm anchox75cm alto, las cuales se calcularon para que encajara con las demás estructuras. Para lograr un correcto funcionamiento de la maquina, los materiales seleccionados para la construcción fueron:

- Láminas de hierro, aluminio y acero.
- Ángulos de hierro de 2.5x2.5
- Cuatro ejes en acero para permitir el desplazamiento del carro con el cilindro
- Dos tornillos sin fin para el acople con el motor
- Dos motores DC 30V, 2750 rpm, 2A nominal
- Ocho finales de carrera telemecanique
- Platinas las cuales son usadas para brindar estabilidad a la estructura de la banda de botellas.
- Dos rodamientos

A continuación se observaran las imágenes del diseño **Fig. 44** y de su resultado **Fig. 45**

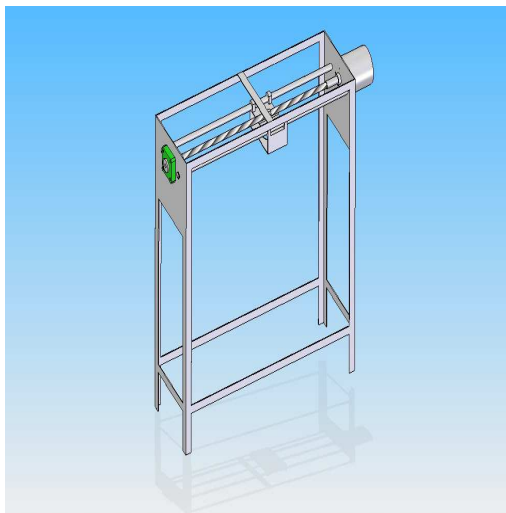


Fig.44
Máquina de Embalaje Diseñada
en Solid Edge [74]



Fig.45
Máquina de Embalaje construida [75]

Se seleccionaron finales de carrera telemecanique para el censado, debido a que no requería mucha exigencia para su localización y funcionamiento, solo se necesito ubicar una lámina en la parte lateral del carro para que se detuviera en el sitio donde está ubicado el sensor. Debido a que la fuerza de la lamina era la apropiada para poder realizar la activación del eje del sensor, se selección este, además por su versatilidad.

Para calcular el torque del motor, se tomó la resistencia que se opone al arranque del motor que es la fuerza que debe ejercer el motor al tornillo sin fin. Como no se puede calcular físicamente con instrumentos para medir dicha fuerza, se adquirió un motor que sobrepasara dicha resistencia con base a los cálculos realizados.

Coeficiente de rozamiento del hierro – hierro es $\mu=0.4$

Se realizo la caracterización de un motor de 12VDC a 24VDC

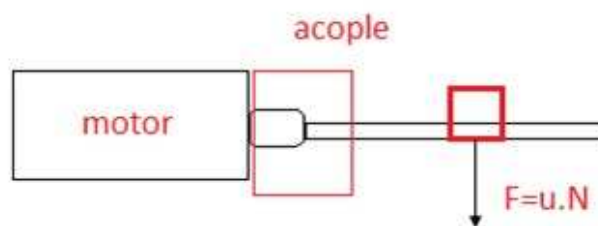
Prueba en vacio:

Voltaje	2.5	8.5	12	22.5	24
Velocidad(Rpm)	245	875	1205	2343	2454

La pendiente de la grafica es Kg

Por lo que se promedian las pendientes donde $Kg=10 \times 10^{-3}$

Fuerzas que actúan



Constante de torque

$$\tau = r \times F$$

$$\tau = 1 \times 10^{-2} \times 0.5 \times 9.8$$

$$\tau = 49 \times 10^{-3} Nm$$

Se midió la corriente de arranque con una carga de 0.57Kg

$$I_a = 0.4A$$

$$kt = \frac{49 \times 10^{-3}}{0.4}$$

$$Kt = 0.122Nm/A$$

$$V = \frac{12V}{10 \times 10^{-3}} \times \frac{2\pi}{60}$$

$$V = 125.6 rad/s$$

$$F = 0.2 \times 2k$$

$$P = F.V$$

$$P = 0.4Kgf \times \frac{125.6rad}{s} = 50.24W$$

Por lo tanto se adquirió un motor de 30VDC a 2A con una velocidad de 2750rpm.

Se realiza un circuito de potencia de inversión de giro, el cual permite que el sistema de tornillo sin fin desplace el cilindro neumático por toda la estructura. Como se observa en la figura 46.

Los sensores que se utilizaron para detectar la posición donde se debe detener el transportador del cilindro fueron finales de carrera ya que son económicos, son duraderos, de fácil instalación y manipulación. La conexión que se realizó al PLC es la siguiente.

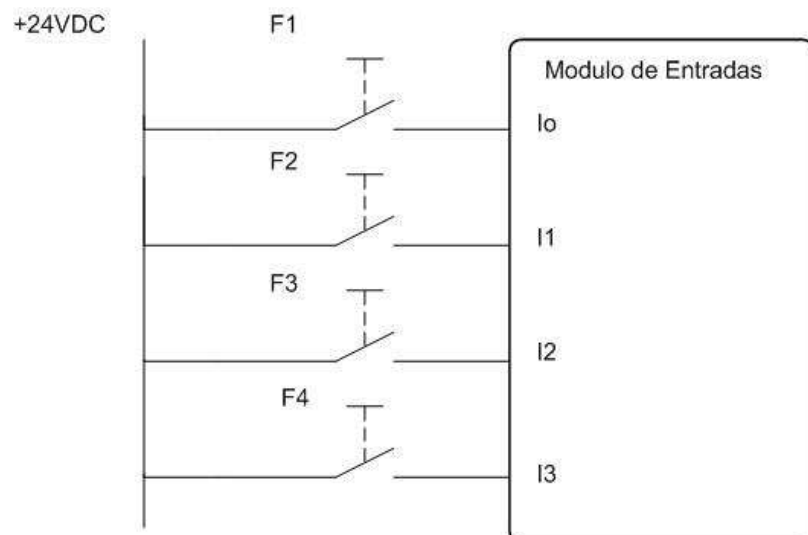


Fig. 47 Conexión de los finales de carrera al PLC [77]

7.5 DISEÑO DE LAS PINZAS

Se diseñaron y construyeron dos pinzas cuya función es la de extraer las botellas de la banda de cajas a la banda de botellas y viceversa.

Para el diseño de las pinzas se tuvo en cuenta el diámetro de la tapa de la botella que se encuentra ya especificado en el numeral 7.3. Es primordial realizar un buen diseño en Solid Edge para visualizar el funcionamiento, puesto que estas son las piezas más complejas que tiene el módulo. Para hacer que las pinzas se cerraran, se trabajaron con 2 solenoides Guardian electric's dispuestos en cada una de las pinzas; sus ejes se acoplaron a las bielas centrales que tienen las pinzas, permitiendo así los movimientos de cierre de ellas; la carrera que tiene el solenoide es de 1.27m siendo así la misma distancia de abertura de las pinzas.

La medida de las pinzas es de 14.5cm, la cual se calculo para que permitiera la entrada y agarre de las botellas. Los materiales seleccionados para la construcción fueron:

- Válvulas 5/2 airtac
- Cilindros doble efecto 25mm airtac
- Acrílico
- 4 solenoides guardian electric's
- Ejes en acero inoxidable 1/8

A continuación se observaran las imágenes del diseño **Fig. 48** y de su resultado **Fig. 49**

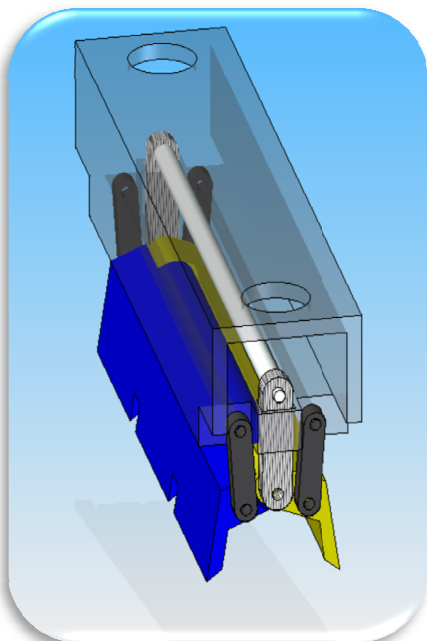


Fig.48
Pinza Diseñada en Solid Edge [78]



Fig.49
Pinza construida [79]

Para realizar la bajada y subida de la pinza se seleccionó un cilindro doble efecto airtac, porque se necesitaba que al momento de bajar a recoger las botellas, este mantuviera su posición mientras espera la orden de retorno a su posición, esta instrucción la acciona el sensor electromagnético localizado en la parte inferior del cilindro. No se seleccionó un simple efecto porque el retroceso del mismo lo realiza el muelle de manera inmediata, una vez este alcanza su máxima posición de estiramiento.

Para realizar el control del cilindro se selecciono una electro válvula 5/2, debido a que esta posee dos válvulas de purga, permitiendo así hacer el control individual de velocidad tanto de subida como de bajada de la pinza.

La selección de los solenoides se baso primero que todo porque ya se habían trabajado anteriormente y se conocía el funcionamiento de los mismos; como el recorrido que tienen es de 1.27cm, y el peso que puede levantar es de 566.99g, fueron decisivos. Además de esos criterios también fue porque eran de los únicos elementos que se conseguían en el mercado para realizar la función que estos cumplen dentro del sistema.

ANÁLISIS DEL DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA

Como el diagrama de flujo es un poco grande se dividió por etapas, permitiendo así el claro funcionamiento de la máquina.

La programación de la máquina de embalaje se realizó en lenguaje LADDER en el software RsLogix 5000, con el fin de que el lector tenga un mejor entendimiento del funcionamiento de la máquina. Se realizó un diagrama de flujo el cual está dividido por etapas, donde se explicará el proceso que se realiza en cada una de ellas.

Etapas1: esta es la etapa de inicio de la máquina donde se configuran las variables y las condiciones iniciales, dentro de estas condiciones se encuentran la puesta en marcha de los motores de las bandas de cajas y de botellas, también se debe ubicar la pinza del puente 1 en el final de carrera F1 mediante el motor que se encuentra en este proceso y la pinza del puente 2 se debe ubicar en el final de carrera Fo2 mediante el motor que se encuentra en este proceso, para que se realice la extracción de botellas cuando las condiciones siguientes se cumplan.

Etapas2: en esta etapa se realiza la inserción de la caja llena de botellas en la banda transportadora de cajas, luego esta será transportada a la sección de extracción de botellas donde la caja es censada por un final de carrera FC1, el cual fija su condición de salida en alto al encontrarse la caja en la posición de extracción y la pinza en el final de carrera F1. Si estas dos condiciones se cumplen se encenderá la electroválvula1 permitiendo que el vástago del cilindro neumático salga para que la pinza que se encuentra acoplada a este, alcanzando la tapa de la botella, mediante un sensor magnético que se encuentra ubicado en la parte inferior del cilindro, cuando el cilindro ha logrado la extensión total se activa este sensor, al cumplirse esta condición se activan los solenoides de la pinza oprimiendo la tapa de la botella, una vez está sujeta la tapa de la botella se desactiva la electroválvula haciendo que la pinza vuelva a su posición inicial y se energiza el motor del puente1 para que la pinza se dirija al final de carrera Fo1, al llegar la pinza a esta posición se debe activar la electroválvula1, permitiendo que el vástago del cilindro neumático salga para que la pinza que se encuentra acoplada a este acerque las botellas a la banda transportadora de botellas y al detectar el sensor magnético que el cilindro ha logrado la extensión total desactiva los solenoides de la pinza para que las botellas puedan caer en la banda transportadora y se desactiva la electroválvula1. Dado que la caja de botellas es de 3x3 el motor del puente1 debe energizarse para llevar la pinza al final de carrera F2, donde realizará el proceso de extracción de botellas de igual forma que en la descripción anterior y las transportará de nuevo al final de carrera Fo1 para insertar las botellas en la banda transportadora de botellas, luego se debe energizar el motor del

punto 1 para dirigir la pinza al final de carrera F3, donde realizara el mismo proceso, una vez insertadas las botellas en la banda transportadora de botellas el motor del puente1 transportara la pinza a la posición inicial que es el final de carrera F1.

Etapa3: la caja de botellas a quedado vacía por lo tanto se energiza el motor MB cajas el cual hace mover la banda transportadora de cajas, dado que el final de carrera FC1 detecta el inicio de la caja se debe esperar a que este se desactive para que se vuelva a realizar el censado en este mismo punto, una vez el estado de este final sea bajo la caja continuara su recorrido, luego será detectada por el final de carrera Fc2. Este proceso cumple con la función de limpieza de la caja por lo tanto se debe des energizar el motor MB cajas después se debe energizar el motor MBT en sentido horario, el cual hará que la caja que se encuentra dentro de una carcasa quede volteada de tal forma que pueda expulsar los residuos de suciedad que contenga, luego el motor MBT se energizara en sentido anti horario para que la caja quede dentro de la banda transportadora y pueda continuar su proceso.

Etapa4: retomando lo que sucedió en la etapa2 las botellas han sido insertadas de forma ordenada en la banda transportadora de botellas, esta se encarga de hacer que las botellas sean dirigidas hacia el final de la banda, donde se encuentra un sensor infrarrojo llamado SB, este sensor es el encargado de realizar el censado de botellas para realizar la debida organización de la mismas, por lo tanto cada vez que se censa una botella este cambia de valor lógico. Para realizar la organización de las botellas se cuenta la cantidad que el sensor SB ha detectado, al detectar la primera botella se espera un tiempo determinado y se energiza el motor MPAL1 en el sentido horario, ya que la caja tiene divisiones de 3x3 se censan las siguientes dos botellas y se espera el tiempo determinado por cada botella y se energiza cada motor independientemente de su tiempo de espera en este caso MPAL 2 sentido horario al igual que MPAL3, estos tres motores tienen acoplado a su eje una paleta de material aluminio la cual hace la división entre las botellas. Cada vez que se censan 3 botellas se guarda este dato en la variable X para realizar la siguiente etapa.

Etapa5: retomando el proceso de la etapa3 se energiza el motor MB cajas para que continúe el proceso en el siguiente final de carrera FC3 al cambiar al estado alto se debe des energizar el motor MB cajas. Si Fo2, X=3 y FC3 están activos se procede a activar la electroválvula2 esta hace que el cilindro neumático que se encuentra acoplado a la pinza en el puente 2 deje salir el vástago para que la pinza pueda alcanzar la tapa de la botella, de igual forma que en la etapa 1 este cuenta con un sensor magnético el cual al detectar la máxima posición de salida del vástago activa los solenoides de la pinza permitiendo oprimir las tapas de las botellas, se desactiva la electroválvula2 y si energiza el motor MP2 hacia el final de carrera F21 de igual forma se debe

clearar la variable X y se deben activar los motores MPAL1, MPAL2, MPAL3 en sentido anti horario. Al activarse el final de carrera F21 se debe activar la electroválvula2 al activarse el sensor magnético se deben des energizar los solenoides y así las botellas serán insertadas de manera organiza en la caja, se desactiva la electroválvula2 y se energiza el motor MP2 hacia F02 allí se debe comprobar nuevamente el estado de la variable X para que se realice el proceso de extracción de las botellas y se pueda repetir el proceso esta vez en F22 y luego en F23.

8. CONTROLADORES DE AUTOMATIZACION PROGRAMABLE (PAC)

8.1 CONCEPTO

Un PAC (controlador de automatización programable) es un controlador industrial el cual combina la funcionalidad de un PLC (controlador lógico programable) y un PC.



Fig.50 ControlLogix Estándar [80]

El PLC es un equipo electrónico, utilizado para la automatización de procesos industriales, el cual está diseñado para controlar en tiempo real, procesos secuenciales en ambientes de tipo industrial. Un PLC trabaja en base a la información que recibe por medio de los captadores o sensores y el programa lógico interno se encarga de dar la orden de salida para actuar sobre los actuadores de la instalación.

El PLC no sólo controla la lógica de funcionamiento de las máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como control proporcional integral derivativo (PID).

Los lenguajes de programación más utilizados para programar un PLC, son el lenguaje de diagrama en escalera (Lenguaje Ladder) el cual se desarrolla en forma de escalera con instrucciones de entrada y de salida, lista de instrucciones y programación por estados, FBD (Function Block Diagram) el cual emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones conectadas entre sí y el GRAFCET.

El lenguaje de programación más utilizado es el lenguaje ladder el cual utiliza diferentes tipos de operadores como contactos normalmente abierto, contactos normalmente cerrados, relés, temporizadores, contadores y operadores matemáticos los cuales se usan como lógica booleana.

8.2 CONTROLLOGIX

El PAC ControlLogix es una versión mejorada del PLC de Allen Bradley el cual permite configurarse para realizar comprobaciones de todo el sistema, cableado y rendimiento, incluso puede comprobar su configuración, monitorear sus entradas y sus salidas. La plataforma ControlLogix permite crear combinaciones ilimitadas de múltiples procesadores, redes de E/S (Entradas - Salidas); esta cualidad permite la escalabilidad del sistema y la segmentación simple de aplicaciones.

El ControlLogix brinda una ventaja ya que es capaz de manejar a una gran cantidad de puntos de E/S. En un mismo chasis se pueden colocar varios controladores con diferentes módulos de expansión. Si se tienen diferentes controladores en el mismo chasis, estos se pueden comunicar entre sí a través de la red. [28]

Características	1756-L61, 1756-L62, 1756-L63, 1756-L64, 1756-L65	1756-L73, 1756-L75
Tareas del controlador	• 32 tareas • 100 programas/tareas	
Puerto de Comunicación	1 puerto RS-232 serial	1 puerto USB
Opciones de Comunicación	• EtherNet/IP • ControlNet • DeviceNet • Data Highway Plus • E/S Remotas • SynchLink • De terceros y dispositivos de redes	
Puerto de Comunicación Serial	• ASCII • DF1 full/half-duplex • DF1 radio modem • DH-485 • Modbus via logic	
Conexiones de controladores de apoyo	250	500
Conexiones de redes por modulo	• 140 ControlNet • 384 EtherNet/IP	
Movimiento Integrado	• Interface SERCOS • Opciones Analógicas	
Lenguajes de Programación	• Ladder (escalera) • Texto estructurado • Diagramas de Bloques • SFC	

Tabla.3 Características del Controlador 1756

8.3 FUENTE DE ALIMENTACION 1756-PA75

La fuente de alimentación eléctrica común para las E/S es la 1756-PA75, esta es la encargada de alimentar el chasis. Todos los módulos de E/S comparten un terminal común que deben compartir con una fuente de alimentación eléctrica, como por ejemplo desde una misma toma de transformador.

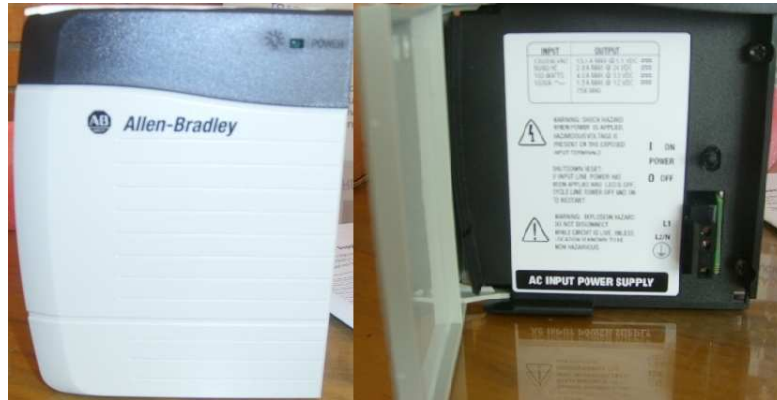


Fig.51 Fuente de alimentación 1756-PA75 [81]

8.4 MÓDULO ETHERNET 1756-EN2T

El módulo Ethernet **1756-EN2T** permite la comunicación con Ethernet Industrial (Ethernet/IP) en redes de protocolo abierto industrial estándar, con lo cual soporta intercambio de información en tiempo real de E/S que están siendo manejadas por el controlador. [29]



Fig.52 1756-EN2T [82]

8.5 MODULOS DE E/S CONTROLLOGIX

Los módulos de entradas y salidas digitales incorporan funciones de detección de activación desactivación y de accionamiento. ControlLogix tiene dos categorías de módulos de entradas y salidas digitales las cuales son E/S de diagnóstico que permiten realizar análisis de fallos como por ejemplo detección de cable desconectado, pérdidas de alimentación etc. y E/S estándar. [30]



Fig.53 Modulo de salidas digitales 1756-OW16I [83]

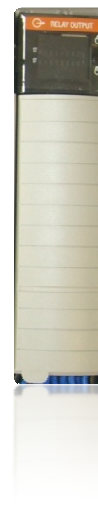


Fig.54 Modulo de entradas digitales 1756-IB16 [83]

8.6 STRATIX 8000

Stratix 8000 es un conmutador administrado modular el cual mejora la flexibilidad y maximiza el tiempo productivo de los sistemas. Este conmutador conserva la arquitectura y las características del conmutador Cisco Catalyst. El conmutador se puede configurar con el software de programación RSLogix™ 5000 de Rockwell Software. Stratix 8000 es escalable de seis a 26 puertos.



Fig.55 Stratix 8000 [84]

9. ANALISIS DEL PROYECTO

9.1 ASPECTOS POSITIVOS

La realización de este proyecto se inició con la intención de generar una nueva propuesta de módulo que permite interactuar con el PAC ControlLogix con su software Rslogix5000 y el módulo a escala de la máquina de embalaje de botellas. Esta implementación ayudará al estudiante de automatización de procesos industriales tener una visión más clara de los procesos reales que hay en la industria.

Se instaló un gabinete de paso en el módulo permitiendo así que los estudiantes no tengan contacto directo con el gabinete principal, garantizando la seguridad tanto del estudiante como de los elementos que se encuentran dentro del gabinete.

El módulo construido tiene un tamaño cómodo y adecuado para su manejo, permite la visualización de las diferentes etapas del proceso como es la extracción de botellas, la limpieza de la caja, el ordenamiento de las botellas en la banda transportadora y la inserción de las botellas en la caja.

9.2 ASPECTOS POR MEJORAR

Algunas partes del módulo pueden ser modificadas para mejorar su desempeño como por ejemplo los motores que están acoplados a un tornillo sin fin por un actuador lineal neumático sin vástago, el cual realiza el mismo trabajo de manera eficiente y sin vibraciones.

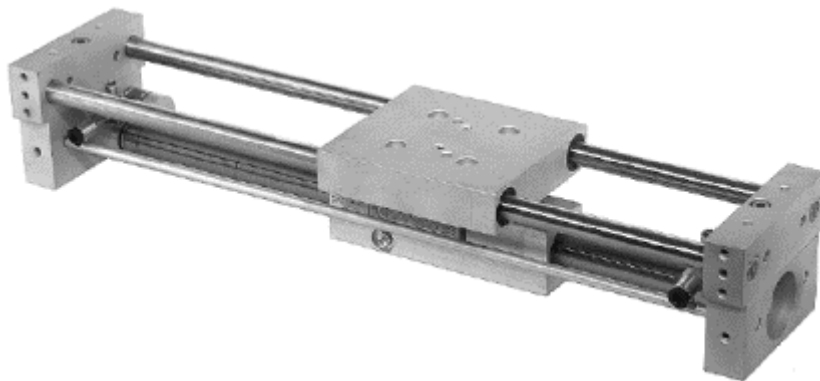


Fig. 56 Actuador lineal neumático sin vástago [85]

Otro aspecto por mejorar es reemplazar el motor que se encuentra en la banda de botellas por un motor reductor que cumpla con la velocidad adecuada que requiere la banda, para evitar que las botellas pierdan el equilibrio y la velocidad de la banda se comporte de forma lineal.

Igualmente se recomienda implementar cilindros neumáticos en el proceso de ordenamiento de las botellas, para hacer más rápida y efectiva la división de las botellas.

9.3 FUTURAS AMPLIACIONES

El laboratorio de automatización de procesos industriales cuenta ya con una embotelladora y ahora con una máquina de embalaje. Una futura ampliación sería realizar un prototipo de una máquina paletizadora, la cual tiene como función organizar sobre un palet las cajas llenas de botellas verticalmente, para que puedan ser llevadas a su medio de transporte.

Al realizar la reformación de la embotelladora se puede diseñar de manera que ésta se pueda integrar al módulo de embalaje, permitiendo obtener un proceso unificado y real al de una industria.

RECOMENDACIONES

Realizar una lubricación constante de los ejes, tornillos sinfín y cadenas para garantizar una mayor vida útil de los mismos.

Al momento de realizar algún tipo de cambio de alguna de las piezas de la pinza remitirse primero al ANEXO C, para tener una mayor información de la misma.

No utilizar elementos corto punzantes o elementos que generen calor sobre el módulo para evitar daños.

No manipular las paletas acopladas a los motores ubicados en la banda de botellas, para evitar desajustes y el mal funcionamiento.

No manipular ni tratar de frenar las cadenas de los motores de las bandas, por lo tanto se recomienda a futuro diseñar algún tipo de protección.

No manipular de manera brusca la estructura, puesto que su base podría no soportar dicho movimiento.

CONCLUSIONES

- En base a la información recopilada sobre procesos de automatización industrial se identificaron conceptos electrónicos de sensores infrarrojos, detectores de posición, motores DC, AC y elementos mecánicos como piñones, rodamientos, ejes y acoples; los cuales permitieron la selección de instrumentos electrónicos y elementos mecánicos para la construcción de la máquina de embalaje de botellas.
- Se realizó el curso basado en el Manejo de Herramientas Informáticas Solid Edge el cual permitió el diseño de la estructura de las bandas, puentes y pinzas, permitiendo clasificar el material que se necesitaba y calcular la cantidad necesaria de material para la construcción de las estructuras.
- Se realizó el curso basado en la aplicación de la tecnología neumática en el diseño de procesos automatizados de producción el cual permitió la selección de instrumentos neumáticos para incorporarlos en el diseño de la máquina de embalaje de botellas.
- El desarrollo del proyecto generó la construcción de una máquina automatizada, la cual cumple la función de desembalar las botellas, limpiar la caja de botellas y embalar las botellas nuevamente en la caja.
- El PAC controlLogix es una herramienta esencial en el proceso de automatización de una planta, ya que este brinda escalabilidad, diagnóstico del proceso, puede ser usado como DCS y consta de distintos lenguajes de programación que se pueden usar en un mismo programa. Estas cualidades facilitan el desarrollo de la programación de un proceso.

BIBLIOGRAFIA

- [1] EMBALAJE. Definición. [Página de internet]
<http://www.eticaygestion.org/documentos/marketing/4.pdf>. [Consulta 2010-06-06]

- [2] EMBALAJE. Niveles del Embalaje. [Página de internet]
http://www.quiminet.com/ar3/ar_zgtRsDFRsDF-definicion-de-envase-ensado-empaque-y-embalaje.htm. [Consulta 2010-06-06]

- [3] FUNCIONES DEL EMBALAJE. Funciones. [Página de internet].
http://74.125.113.132/search?q=cache:xQ50KR_iohgJ:dconsumorachel.files.wordpress.com/2008/05/el-embalaje-o-condicionamiento.ppt+Actualmente+se+busca+proteger+al+producto+por+muc ho+m%C3%A1s+tiempo+y+mayor+eficacia+debido+a+las+distancias+que+% C3%A9stos+deben+recorrer.&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co. [Consulta 2010-06-06]

- [4] FUNCIONES DEL EMBALAJE. Simplificación. [Página de internet].
<http://www.slideshare.net/sandramanchego2009/manual-par-a-al-macenes> [Consulta 2010-06-08]

- [5] NEUMATICA. Historia. [Página de internet]
http://www.tecnologiaindustrial.info/index.php?main_page=document_general_i nfo&products_id=344. [Consulta 2010-06-08]

- [6] NEUMATICA BASICA. Ventajas de la Neumática. [Página de internet]
http://grupos.emagister.com/documento/neumatica_basica/1044-349794. [Consulta 2010-06-08]

- [7] EQUIPOS NEUMATICOS. Rentabilidad. [Página de internet]
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1954/1/CD-0123.pdf>. [Consulta 2010-06-08]

- [8] LAF. Rentabilidad de los Equipos neumáticos. [Página de internet].
www.escuelaraggio.edu.ar/MECA/archivos/NEUMATICA/1.doc. [Consulta 2010-06-15]

- [9] CILINDRO SIMPLE EFECTO. [Página de internet].
<http://sitioniche.nichese.com/cilindros-simples.html>. [Consulta 2010-06-15]

- [10] ELEMENTOS DE DISTRIBUCION. [Página de internet].
http://www.tecnologiaindustrial.info/index.php?main_page=site_map&cPath=41 2_417&zenid=35dffe9b9dc76d9b2dc4327e9fc2c4af. [Consulta 2010-06-20]

- [11] SIMBOLOGIA NEUMATICA. [Página de internet].
<http://www.automatica.mex.tl/imagesnew/5/0/1/4/2/NEUM%C3%81TICA%20G UIA%206.pdf>. [Consulta 2010-06-20]

- [12] ELEMENTOS DE REGULACION Y CONTROL. [Página de internet].
http://web.educastur.princast.es/proyectos/jimena/pj_angelp/control.htm.
 [Consulta 2010-06-20]
- [13] [NEUMÁTICA, HIDRÁULICA Y ELECTRICIDAD APLICADA, Autor: José Roldan Viloria Editorial: THOMSON ISBN: 8428316481 EAN: 9788428316484.
 [Consulta 2010-06-24]
- [14] MECANISMOS DE TRANSMISION. Tornillo Sinfín. [Página de internet].
http://co.kalipedia.com/tecnologia/tema/tornillofin.html?x=20070822klpingtcn_57.Kes&ap=5 [Consulta 2010-06-24]
- [15] RUEDA DENTADA. [Página de internet].
http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/operadores/ope_ruedentada.htm. [Consulta 2010-06-24]
- [16] MECANISMO CADENA-PIÑON. Partes de la cadena. [Página de internet].
<http://www.renold.es/Products/TransmissionChainSprockets/TransmissionChainIndexPage.asp>. [Consulta 2010-06-24]
- [17] CADENA. [Página de internet].
<http://www.angellarreina.com/folletos/Transmisiones%20por%20Cadenas%20de%20Rodillos.pdf>. [Consulta 2010-06-30]
- [18] CADENA. Selección del Tamaño. [Página de internet].
<http://www2.ing.puc.cl/~icm2312/apuntes/cadenas/tamano.html>. [Consulta 2010-06-30]
- [19] RODAMIENTOS. [Página de internet].
<http://www.etp.uda.cl/areas/electromecanica/apuntes/ahumada/pdfs/Rodamientos%20af.pdf>. [Consulta 2010-07-08]
- [20] RODAMIENTOS. Tipos de Rodamientos. [Página de internet].
http://www.gig.etsii.upm.es/gigcom/temas_di2/rodamientos/tipos_de_rodamientos.html. [Consulta 2010-07-08]
- [21] MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA. [Página de internet].
<http://www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf>. [Consulta 2010-07-08]
- [22] MOTORES DC. [Página de internet].
http://www.digital.unal.edu.co/dspace/bitstream/10245/1205/1/43978974_2009.pdf. [Consulta 2010-07-15]
- [23] ELECTROIMAN. [Página de internet].
<http://www.udistrital.edu.co/comunidad/profesores/drairan/documents/papers/conci3-38-46.pdf>. [Consulta 2010-06-15]

- [24] SOLENOIDE [Página de internet]. <http://www.ledex.com/es/solenoid/solenoid-basics.html>. [Consulta 2010-07-20]
- [25] SENSOR. [Página de internet]. http://www.quiminet.com/ar5/ar_advcarMAAss-que-son-los-interruptores-finales-de-carrera.htm. [Consulta 2010-06-20]
- [26] FINAL DE CARRERA [Página de internet]. <http://www.fornvalls.com/pdfs/finalcarrera.pdf>. [Consulta 2010-07-20]
- [27] SENSOR INFRARROJO. [Página de internet]. <http://www.cosasdemecatronica.com/proyectos/electronica/50-sensor-infrarrojo>. [Consulta 2010-07-20]
- [28] ROCKWELL AUTOMATION. ControlLogix. [Página de internet]. Publication 1756-TD002A-EN-E - May 2009
Copyright © 2009 Rockwell Automation, Inc. All rights reserved. Printed in the U.S.A. [Consulta 2010-08-06]
- [29] ROCKWELL AUTOMATION. 1756-EN2T. [Página de internet]. Publicación 1756-UM001E-ES-P - Agosto 2002 2 PN 957689-33
Reemplaza a la publicación 1756-UM001D-ES-P - Noviembre 2001 © 2002 Rockwell Automation. Todos los derechos reservados. Impreso en EE.UU. [Consulta 2010-08-06]
- [30] ROCKWELL AUTOMATION. Modulos de E/S ControlLogix. [Página de internet]. Publicación 1756-UM058C-ES-P - Marzo de 2001 1 PN 957345-98
Reemplaza la publicación 1756-6.5.8ES - Julio de 1999 © 2001 Rockwell International Corporation. [Consulta 2010-08-06]
- [31] BOTELLA. [Imagen electrónica]. http://www.gastronomiaycia.com/wp-content/uploads/2008/05/botellas_agua.jpg. [Consulta 2010-06-20]
- [32] CAJA DE BOTELLAS. [Imagen electrónica]. <http://www.logismarket.es/ip/comercial-baquelita-caja-para-botellas-cajas-para-botellas-480383-FGR.jpg>. [Consulta 2010-06-20]
- [33] BODEGAS. Contenedor. [Imagen electrónica]. <http://www.hws.com.mx/cibertienda/pro1/bodegascon/contenedor1.jpg>. [Consulta 2010-06-20]
- [34] PALLET. [Imagen electrónica]. http://productosdeasturias.com/catalogo/media/catalog/product/cache/4/image/5e06319eda06f020e43594a9c230972d/c/a/cajatrab_7.jpg . [Consulta 2010-06-20]
- [35] TIPOS EMBALAJE. [Imagen electrónica]. <http://www.maritimoportuario.cl/images/full/saco141008.jpg>. [Consulta 2010-06-20]
- [36] BANDEJA. [Imagen electrónica]. http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Red_Bull_250mL_Can.jpg. [Consulta 2010-06-20]

- [37] EMBALAJE. Protección [Imagen electrónica]. <http://www.tecnisample.com/images/stories/productos/embalaje-muestra-diagnostico-refrigerada.jpg>. [Consulta 2010-06-20]
- [38] SIMPLIFICACION. [Imagen electrónica]. http://img.alibaba.com/photo/11609761/Microwave_Popcorn_With_Butter.jpg. [Consulta 2010-06-28]
- [39] [Imagen electrónica]. <http://images.art.com/images/-/Life-is-Full-of-Difficult-Decisions--C10062737.jpeg>. [Consulta 2010-06-28]
- [40] ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS NEUMATICOS. [Imagen electrónica]. <http://www.festodidactic.com/ov3/media/customers/1100/0598048001156321794.pdf>. [Consulta 2010-06-28]
- [41] COMPRESOR. [[Imagen electrónica]. http://www.sagola.com/sagola/fotos/fotos_300ppp/compresor50l_300ppp.jpg. [Consulta 2010-06-28]
- [42] [Imagen electrónica]. http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/motor-neumatico-de-pistones-56898.jpg. [Consulta 2010-06-28]
- [43] [Imagen electrónica]. <http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/artbild/maxi/ZHO-AZ5.jpg>. [Consulta 2010-06-28]
- [44] ACTUADORES NEUMATICOS. [Imagen electrónica]. http://books.google.com.co/books?id=r32D3siDbgsC&pg=PA525&lpg=PA525&dq=La+capacidad+de+trabajo+de+un+cilindro+viene+determinada+por+su+carrera+y+su+di%C3%A1metro&source=bl&ots=dXORePHEzU&sig=_VIG0nJTh9bCvuvCnXZnPVubXAA&hl=es&ei=E66eS6TZGoH48Aak2tG7Cg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CAkQ6AEwAQ#v=onepage&q=La%20capacidad%20de%20trabajo%20de%20un%20cilindro%20viene%20determinada%20por%20su%20carrera%20y%20su%20di%C3%A1metro&f=false. [Consulta 2010-06-28]
- [45] CILINDROS SIMPLE EFECTO. [Imagen electrónica]. <http://sitioniche.nichese.com/cilindros-simples.html>. [Consulta 2010-06-28].
- [46] CILINDROS DE SIMPLE EFECTO. [Imagen electrónica]. http://www.tecnologiaindustrial.info/index.php?main_page=document_general_info&products_id=364. [Consulta 2010-07-10]
- [47] CILINDRO DE DOBLE EFECTO. [Imagen electrónica]. <http://sitioniche.nichese.com/cilindros-dobles.html>. [Consulta 2010-07-10]
- [48] [Imagen electrónica]. http://www.tecnologiaindustrial.info/index.php?main_page=document_general_info&cPath=412_416&products_id=365. [Consulta 2010-07-10]

- [49] ELEMENTOS DE REGULACION Y CONTROL [Imagen electrónica].
http://www.tecnologiaindustrial.info/index.php?main_page=document_general_info&cPath=412_417&products_id=369. [Consulta 2010-07-10]
- [50] ELEMENTOS DE REGULACION Y CONTROL [Imagen electrónica].
<http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/artbild/maxi/vaz-mif320-1418.jpg>. [Consulta 2010-07-10]
- [51] ELEMENTOS DE REGULACION Y CONTROL [Imagen electrónica].
<http://imporeprinox.com/website/images/4A.jpg>. [Consulta 2010-07-10]
- [52] ELEMENTOS DE REGULACION Y CONTROL [Imagen electrónica].
<http://image.made-in-china.com/2f1j00CRzQUdTGTEFgM/4V-Series-Solenoid-Valve.jpg>. [Consulta 2010-07-10]
- [53] GARCIA J, Omar Augusto y JOLIANIS C, Miguel Antonio. Solid Edge, Bucaramanga de 2010
- [54] RUEDA DENTADA. [Imagen electrónica].
<http://www.promobicis.com/images/461003.gif>. [Consulta 2010-07-20]
- [55] CADENA-PIÑON [Imagen electrónica].
<http://www.renold.es/Products/TransmissionChainSprockets/TransmissionChainIndexPage.asp>. [Consulta 2010-07-20]
- [56] CADENA [Imagen electrónica].
http://www.virtualatv.com/mecanica/img/330_2.jpg. [Consulta 2010-07-20]
- [57] EJE [Imagen electrónica]. <http://www.bikeaddict.es/pasante-tras-12x150-pi-309.html?osCsid=303389db55f3c95baac729ce5e691d2e>. [Consulta 2010-07-20]
- [58] TIPOS DE RODAMIENTO. [Imagen electrónica].
http://www.darreina.com/img/rodamiento_menu.jpg. [Consulta 2010-07-20]
- [59] MOTOR. [Imagen electrónica].
http://img.alibaba.com/photo/293993493/70ZYT01PX36A3_dc_planetary_gear_motor.jpg. [Consulta 2010-07-20]
- [60] [Imagen electrónica].
http://img.alibaba.com/photo/293993493/70ZYT01PX36A3_dc_planetary_gear_motor.jpg. [Consulta 2010-07-20]
- [61] ELECTROIMAN. Solenoide. [Imagen electrónica].
<http://www.infoepi.es/odin/images/5566/Ermecc-presenta-el-solenoide-lineal-B75M-de-Saia-burgess.jpg>. [Consulta 2010-07-20]

- [62] SENSORES DE PROXIMIDAD. Final de Carrera. [Imagen electrónica]. <http://sensoresdeproximidad.galeon.com/>. [Consulta 2010-07-20]
- [63] SENSOR INFRARROJO. Led Infrarrojo. [Imagen electrónica]. <http://mecatronica.wordpress.com/2007/09/24/sensor-infrarrojo/>. [Consulta 2010-07-20]
- [64] [Página de internet]. <http://sensoresdeproximidad.galeon.com/infrarrojo.jpg>. [Consulta 2010-07-20]
- [65] GARCIA J, Omar Augusto y JOLIANIS C, Miguel Antonio. Solid Edge. Banda de Botellas. Bucaramanga de 2010
- [66] GARCIA J, Omar Augusto y JOLIANIS C, Miguel Antonio. Banda de Botellas. Bucaramanga de 2010
- [67] MOTOR RM2. [Imagen electrónica] <http://www.robodacta.com.mx/activacioncart-producto.asp?ProductoID=480&CategorialD=24&SubCategorialD=36>
- [68] GARCIA J, Omar Augusto y JOLIANIS C, Miguel Antonio. Microsoft Visio. Bucaramanga de 2010
- [69] GARCIA J, Omar Augusto y JOLIANIS C, Miguel Antonio. Banda de Cajas. Bucaramanga de 2010
- [70] GARCIA J, Omar Augusto y JOLIANIS C, Miguel Antonio. Bucaramanga de 2010
- [71] GARCIA J, Omar Augusto y JOLIANIS C, Miguel Antonio. Microsoft Visio. Bucaramanga de 2010
- [72] GARCIA J, Omar Augusto y JOLIANIS C, Miguel Antonio. Solid Edge. caja. Bucaramanga de 2010
- [73] GARCIA J, Omar Augusto y JOLIANIS C, Miguel Antonio. Caja. Bucaramanga de 2010
- [74] GARCIA J, Omar Augusto y JOLIANIS C, Miguel Antonio. Solid Edge. Maquina de Embalaje. Bucaramanga de 2010
- [75] GARCIA J, Omar Augusto y JOLIANIS C, Miguel Antonio. Maquina de Embalaje. Bucaramanga de 2010
- [76] GARCIA J, Omar Augusto y JOLIANIS C, Miguel Antonio. Microsoft Visio. Bucaramanga de 2010

- [77] GARCIA J, Omar Augusto y JOLIANIS C, Miguel Antonio. Microsoft Visio. Bucaramanga de 2010
- [78] GARCIA J, Omar Augusto y JOLIANIS C, Miguel Antonio. Solid Edge. Pinza. Bucaramanga de 2010
- [79] GARCIA J, Omar Augusto y JOLIANIS C, Miguel Antonio. Pinza. Bucaramanga de 2010
- [80] INDUSTRIAL TRAINING. [Imagen electrónica]. En: <http://www.bin95.com/seminars/abcontrollogix-rslogix5000.jpg> [Consulta: 2010-08-10].
- [81] RODRIGUEZ D. JAIME A., SANGREGORIO S. VIYILS. Implementación del sistema de control tecnología Rockwell Automation en el laboratorio de automatización industrial de la universidad pontificia bolivariana. Universidad Pontificia Bolivariana, Agosto de 2010.
- [82] ROCKWELL AUTOMATION, ControlLogix Selection Guide Publicación 1756-SG001M-EN-P May 2009 [Documento electrónico]. En: <http://literature.rockwellautomation.com> [Consulta: 2010-08-18].
- [83] RODRIGUEZ D. JAIME A., SANGREGORIO S. VIYILS. Implementación del sistema de control tecnología Rockwell Automation en el laboratorio de automatización industrial de la universidad pontificia bolivariana. Universidad Pontificia Bolivariana, Agosto de 2010.
- [84] STRATIX 8000. [Imagen electrónica]. <http://www.microbyte.cl/elec/notipix/20090520x8.jpg> [Consulta: 2010-08-28].
- [85] Festo FLUID Sim-P